SPOMENICA MIŠE KIŠPATIĆA

JUGOSLAVENSKA AKADEMIJA ZNANOSTI
I UMJETNOSTI

Spomenica
Miše Kišpatića

MNEMOSYNON

MICHAELI KIŠPATIĆ

ad centesimum eius natalem celebrandum dicatum

Urednik

Akademik FRAN TUĆAN

JUGOSLAVENSKA AKADEMIJA ZNANOSTI I UMJETNOSTI

SPOMENICA

MIŠE KIŠPATIĆA

povodom stogodišnjice njegova rođenja

JUGOSLAVENSKA AKADEMIJA ZNANOSTI I UMJETNOSTI

B. Šenoa

21. IX. 1851. — 17. V. 1926.

UVODNA RIJEČ

Frana Tućana na javnom sastanku, koji je u povodu stogodišnjice rođenja Miše Kišpatića priredila Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti 20. rujna 1951.

S Mišom Kišpatićem mene vežu nerazdvojne veze sve od 1900. godine, pa do njegove smrti god. 1926.: veze učenika s dobrim učiteljem. Taj se učenik razvijao pod njegovim vodstvom, s njim je saradivao i u zavodu i u terenu proučavajući mineraloško-petrografske prilike naših krajeva, sabirajući materijal za potanko istraživanje mikroskopskim i kemijskim putem i za muzejske zbirke, izmjenjujući s njim mišljenja i gledanja na različite probleme mineraloško-petrografske nauke. O njegovu značenju za razvitak naše mineralogije i petrografije, o njegovu mnogostrukom radu na tom području, pa o njegovu prosvjetnom djelovanju, što ga je vršio kao popularizator prirodnih nauka u našem narodu, taj je učenik napisao nešto opsežniji prikaz u jednom »Radu« Jugoslavenske akademije[1]*, ali u tom prikazu nije dostatno istakao Kišpatićeva značenja i uloge, koju je odigrao kao prethodnik nauke o postanku i razvitku stijena – upravo petrologije. Bilo je za to nekih razloga: na primjer, kao njegov saradnik možda ne bi mogao s dovoljno udaljene perspektive ispravno ocijeniti njegova posve samostalna, originalna gledanja na petrološke probleme, koja su se kosila s tada ustaljenim gledanjima, što su ih zastupale krupne ličnosti u petrografskoj nauci. U prvom redu bilo je tu pitanje postanka kristalastih škriljaca i njihove geološke starosti, koje još do danas u mnogočemu nije izvedeno na čistac. Bila su tu neka pitanja, koja su iznikla pri Kišpatićevu istraživanju bazalta iz okoline Kutjeva, a tiču se postanka te stijene, koji on tumači na svoj način, dakako, na osnovi svojih minucioznih mikroskopskih istraživanja, pri čemu je došao u jaku opoziciju prema H. Rosenbuschu i prema onim petrografima, koji se slijepo povode za tim velikim njemačkim naučenjakom. Kišpatić osjeća, kako je postanak*

[1] *Fran Tućan*, Mišo Kišpatić, Rad Jugoslavenske akademije, knjiga 238, str. 97. 1930.

stijena obavit tajnama, i kako se vrlo teško one otkrivaju. Tà daleko od naših osjetila i davno prije roda ljudskoga postale su te stijene. Njihov razvitak nepristupačan je čovjeku, pa sve što možemo kazati o njihovu postajanju, to su sve kombinacije i zaključci, što ih stvaramo izučavajući mineralni sastav stijena mikroskopskim i kemijskim metodama. Pokusima, istina, možemo u laboratoriju sintetičkim putem dobiti i neke stijene i neke minerale, koji se svojim svojstvima potpuno poklapaju sa stijenama i mineralima stjenovite kore, ali moramo istaći, da su fizičko-kemijske prilike u kemijskom laboratoriju Zemlje posve drugačije negoli u našim laboratorijima. Tamo se minerali razvijaju uz tako dugotrajno vrijeme, uz takav pritisak i temperaturu, uz takve reagense, s kakvim mi nikako ne možemo upravljati u našim laboratorijima, pa nije uvijek stalno, da one zakone, što vladaju pri razvitku sintetičnih minerala i stijena, moramo naći i pri razvijanju minerala i stijena u stjenovitoj kori. Zato je itekako na mjestu kritičko rasuđivanje i veliki oprez pri stvaranju zaključaka. A Kišpatić je bio veliki kritik i nije na laku ruku stvarao zaključaka, ali i nije prihvaćao lako tuđega mišljenja. U svome gledanju na genezu stijena išao je svojim putem i u tom pogledu bio je uporan, jer ne iznosi nijedne tvrdnje bez dokaza, i samo očite činjenice mogle bi ga o protivnome osvjedočiti.

Ako se prenesemo u ono doba, kada je Kišpatić počeo raditi na petrografskom polju, pa taj njegov rad pratimo sve do časa, kada je izmoren klonuo pod bremenom života, vidjet ćemo, kako je golem posao izvršio. Pojavio se, naime, u doba, kad je petrografija bila kod nas tek u prvim zamecima, a ostavio nas, kad je ta nauka dosegla u našim krajevima njegovim djelovanjem znatan razvitak: od čistoga amaterstva, koje je započelo s Ljudevitom Vukotinovićem, ravno pred stotinu godina, razvila se do čiste nauke.

U onim malim prostorijama u Demetrovoj ulici gornjega grada, gdje se u staroj zgradi grofa Draškovića – prije nešto više od 100 godina – stisnuo Mineraloško-petrografski muzej, koji se do dana današnjega odanle ne miče, podigao je moderan zavod snabdjeven mnogim aparatima, bogatom bibliotekom i bogatom mineraloško-petrografskom zbirkom, na kojoj bi nam mnogi mogao pozavidjeti.

Iz toga zavoda izlaze godinama sad veće sad manje studije, koje Kišpatić publicira većinom u »Radu« Jugoslavenske akademije, i to ne samo studije o našim mineraloško-petrografskim prilikama, nego i o našim potresima, jer Kišpatić je osnivač ne samo naše mineralogije i petrografije, nego i naše seizmologije, kao što i naše pedologije. Bilo je u tom zavodu vazda puno naučnoga života, što je tako prijatno strujao onim malim prostorijama prenatrpanim hladnim kamenjem i mineralima. I među njima boravio je Kišpatić cijele dane povučen od svijeta u svome kamenome carstvu, gdje je osjećao da ima puno života, koji se njemu pričinjao ljepšim i harmoničnijim od života ljudi; boravio je među njima proučavajući njihovu prirodu, zalazeći sve dublje u njihove tajne, želeći naći odgovor na pitanje: šta su i otkuda su? A mi, koji smo mu bili blizi, koji smo ga pratili u njegovu naučnom radu, bili smo ponosni, što se

u tom zavodu nalazi takav čovjek nauke, bili smo ponosni, što je podigao zavod ne po prostorijama nego po svojoj sadržini, kakav bi mogao da bude u pokojem naučnom centru Evrope.

Danas, kad je pošlo za rukom konstruirati i takve aparate i instrumente, koji omogućavaju proučavanje najsuptilnije građe materije, kada rentgenografskim istraživanjem možemo učiniti uočljivim poredaj atoma u njoj, kada radioaktivnim istraživanjem možemo odrediti ne relativnu, nego apsolutnu starost stijena, kada su optičke metode i metode kemijskoga istraživanja dosegle visoki stepen i t. d., jasno je, da su se i minerologija i petrografija morale u svome razvitku daleko izdići iznad onoga stanja, u kome su se nalazile u doba Kišpatićeva naučnoga rada. Iz kako oskudnih istražnih podataka morao je on stvarati zaključke o zamršenom pitanju porijekla kristalastih škriljaca! Koliko je tu trebalo umovanja, koliko prudubljivanja u njihovu prirodu, da dođe do jakih obrazloženja, s kojima bi mogao potkrijepiti svoja gledanja na genezu njihovu, što su bila u protivnosti s gledanjima drugih petrografa u svijetu! On sam kaže u svome posljednjem radu, koji se bavi petrografijom Zagrebačke gore[2], kako je svijestan težine toga problema, kako je više nego smionost u naučnoj javnosti ne smatrati amfibolite metamorfnim proizvodima, pa još k tome tvrditi, da su lercoliti i gabri jednaki njima; kako se u naučnim sastancima i na kongresima pitanje postanka kristalastih škriljaca ostavlja otvoreno, a ipak da se u cijeloj literaturi s tim pitanjem postupa, kao da su sve teškoće riješene. O postanku različitih vrsta kristalastih škriljaca, da se govori lakoćom i sigurnošću, što nauci može više škoditi nego koristiti.

S tim mislima rastao se od svoga dugogodišnjeg rada, s njima je legao u grob, a iza njega došla je nova generacija naših mineraloga i petrografa obogaćena novim znanjima i spoznajama na polju mineralogije i petrografije, pa bi bilo zanimljivo njih čuti, kako gledaju na rad Miše Kišpatića. Njegov je učenik o njemu svoje kazao, a sada neka jedan od učenika njegova učenika prikaže Kišpatića u svjetlosti današnje petrografije i petrologije (vidi raspravu L. Marić, *Mišo Kišpatić u svjetlosti današnje petrografije i petrologije str. 9).*

[2] *Mišo Kišpatić,* Die Eruptivgesteine und kristallinische Schiefer des Agramer-Gebirges. Glasnik Hrvatskog prirodoslovnog društva, god. XXX, str. 1. Zagreb 1918.

Luka Marić

MIŠO KIŠPATIĆ U SVJETLOSTI DANAŠNJE PETROGRAFIJE I PETROLOGIJE

Iako vrijeme brzo odmiče i nauka u svome razvitku kroči golemim koracima, istaknuta imena njezinih velikih predstavnika u historiji ne padaju u zaborav. Nauka, vječni izvor istine i rada, ima svoje istaknute »međaše«, istaknute naučne radnike, koji obilježavaju njezin prevaljeni put, i u koliko ih ima više, toliko je njezin put sigurnije i jasnije upisan u ljudsku kulturnu i naučnu baštinu.

U geološkoj nauci će se spominjati uvijek ime velikog slikara *Leonarda Da Vincia* (1452–1519), koji je tumačio porijeklo okamina i objašnjavao ispravno mnoge geološke pojave. Zatim ime *Jurja Agrikole* (Georg Bauer) (1494–1555), koji je napisao više rasprava važnih za razvitak geološke nauke, kao na pr. »De natura fossilium«, »De re metallica libri XII«, i dr. Potom ime *Niels Stensena* (Nicolaus Steno) (1638–1687), koji je već shvaćao okamine kao ostatke nekadašnjih živih organizama slatkih i slanih voda i kušao induktivnom metodom protumačiti geološke događaje i promjene na Zemlji. Stenonovo ime će se spominjati uvijek i u kristalografiji, jer je on postavio jedan između osnovnih zakona kristalografije, zakon o stalnosti plošnih kutova u kristala. Zatim ime *Abrahama Gottloba Wernera* (1750–1817), koji je dao geološkoj nauci niz pojmova, što ih i mi danas upotrebljavamo s istim značenjem kao i u njegovo doba. Tako na pr. konkordantni i diskordantni slojevi, protezanje i pad, nagib slojeva i kako se mjeri, transgresije i dr. Onda ime *Ch. Lyella* (1797–1875), reformatora nauke o Zemlji, koji je učio, da su na Zemlji djelovale u geološkoj prošlosti isto takve sile, kakve djeluju i danas. On je odbijao mišljenje o katastrofama živoga svijeta na našem planetu i bio glavni predstavnik *Darwinova* učenja o evoluciji vrsta biljnog i životinjskog carstva. *Ch. Lyell* je dakle bio glavni predstavnik aktualizma u prirodnim naukama (lit. 1. p. 16–19). Najzad ime doktora medicine *Ami Bouéa* (1794–1881), koji je već god. 1822. pisao o metamorfozi u stijenama, a zaslužan je

posebno zato, što je proučavao geologiju i petrografiju Balkanskog poluotoka, dakle i naše zemlje (lit. 2). Ami Boué je zbog svojih velikih zasluga za upoznavanje geologije i petrografije naše zemlje postao 1870. god. i počasni član Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu.

Ovo nekoliko izabranih imena spominjat će se kao istaknuti »međaši« u razvitku geološke nauke do polovine prošloga stoljeća. Međutim geološke nauke su doživjele neslućeni uspon tek od polovine prošloga stoljeća do naših dana, dakle u proteklih 100 godina. A to je vrijeme upravo važno i u našoj kulturnoj historiji, jer su geološke nauke, posebno pak petrografija s mineralogijom, povezane za ime *Miše Kišpatića* (1851–1926) pokročile i u Hrvatskoj u tom razdoblju snažnim korakom, ne zaostajući nimalo iza drugih kulturnih zemalja u Evropi.

U životopisu Miše Kišpatića prikazao nam je njegov učenik i dugogodišnji saradnik *Fran Tućan* (lit. 3) ogroman rad toga originalnog čovjeka od nauke, čovjeka izvanredno širokog prirodoslovnog obrazovanja, velike lične i društvene kulture i osobita značaja.

Mišo Kišpatić je naš prvi učenjak petrograf i mineralog, rijetko nadaren prirodoslovac popularizator i narodni prosvjetitelj na cijelom slavenskom jugu. On je istaknuti »međaš« na polju petrografije ne samo u Hrvatskoj, nego i u Evropi, poput svojih savremenika *E. S. Fedorova* (1853–1919) *i F. J. Loewinson-Lessinga* (1862–1939) u Rusiji, *A. Michel-Lévya* (1844–1911) i *F. Fouquéa* (1822–1904) u Francuskoj, *F. Zirkela* (1838–1919) i *H. Rosenbuscha* (1836–1914) u Njemačkoj, i dr.

Međutim, prije nego obratimo svu pažnju Miši Kišpatiću, toj omiljenoj ličnosti u našoj užoj znanstvenoj i široj narodnoj sredini, pogledajmo, što se dogodilo u proteklih 100 godina u petrografskoj nauci, kojoj je Kišpatić priklonio svoj cio plodni život. Kakva je petrografija bila prije Miše Kišpatića u svijetu i kod nas, i kakvu nam je baštinu ostavio taj originalni, savjesni i plodni naučni radnik.

Petrografija je bila do polovine prošloga stoljeća jedna između opisnih grana geologije. Pri ispitivanju stijena obraćala se naime pažnja uglavnom na njihov spoljašnji izgled, boju, veličinu i oblik mineralnih sastavaka, pa donekle i na njihovu relativnu svježinu. O samim mineralnim sastavcima i njihovu međusobnom odnosu, dakle o strukturi stijena, zatim o genezi i kemijskim promjenama mineralnih sastavaka, nije se znalo mnogo. Pokušavao je doduše već na početku prošlog stoljeća *A. Cordier* (1777–1861) da prouči prah minerala i stijene pomoću običnog mikroskopa, dakle samim povećavanjem, ali njegova nastojanja nisu urodila plodom. Mineral i stijena satrveni u prah, ili u obliku sitnih odlomaka, ostali su i pod velikim povećanjem takvi, kakvima ih može vidjeti dobro uvježbano oko i pomoću obične lupe. Ali to nije sapelo duh čovjekov, jer je on i s takvim slabim pomagalima zagledao dublje u minerale i stijene, dijelio ih jedne od drugih i povezivao srodne među sobom. Tako je nikla već u prvoj polovini prošloga stoljeća sistematika stijena, koju je razradio *A. Brogniart* (1770–1840), dok je

A. Cordier već tada pisao o međusobnoj vezi eruptivnih stijena, zapravo efuzivnih stijena različite starosti. *D. Dolomieu* (1750–1801) je pokušao dobiti umjetnim putem u laboratoriju minerale i stijene poput onih u Zemljinom stjenovitom omotaču, a *K. G. Bischof* (1792–1870) je poredivao Zemlju s golemim laboratorijem, tumačeći postajanje minerala i stijena na osnovi međusobnih kemijskih reakcija i fizičkih promjena mineralne tvari. U to vrijeme i *R. Bunsen* (1811–1894), pišući o efuzivnim stijenama Islanda, uvodi u petrografiju pojam diferencijacije, koja danas predočuje glavni dio naše nauke o eruptivnim stijenama.

Oko polovine prošloga stoljeća nastaje međutim pravi prijelom, upravo epohalni preokret u petrografskim i mineraloškim laboratorijskim ispitivanjima. Novo doba petrografije bilo je na pomolu, kad je uveden polarizacijski mikroskop, kao glavno pomagalo pri laboratorijskom ispitivanju minerala i stijena. Tim časom prestaje golo opisivanje minerala i stijena, jer ih otada podvrgavamo optičkim metodama ispitivanja u polarizacijskom mikroskopu.

Osnovu tim ispitivanjima nalazimo zapravo već u radu o polarizaciji svjetlosti iz godine 1808. od francuskog fizičara *E. L. Malusa* (1755–1812). Taj optički pojav i njegova primjena u mikroskopiji doveli su do velikog procvata mineraloških i petrografskih laboratorijskih ispitivanja. *W. Nicol* (1768–1851) je naime, proučivši polarizaciju svjetlosti u mineralu kalcitu, konstruirao god. 1829. iz islandskog dvolomca »prizmu«, u kojoj se ordinarna polarizirana zraka totalno reflektira, uklanja, a ekstraordinarna polarizirana zadržava za optičko ispitivanje minerala i stijena u mikroskopu. Ta prizma, kojoj su s pravom dali Nicolovo ime, dakle »*Nikolova prizma*«, ili »*nikol*«, kad se ugradi kao polarizator i analizator u obični mikroskop, pretvara ga u t. zv. *polarizacijski mikroskop*.

Ogroman korak učinio je dakle W. Nicol konstrukcijom i ugrađivanjem svoje prizme u mikroskop za mineraloška i petrografska ispitivanja, ali to ipak još nije bilo dosta. Za ispitivanje minerala i stijena u takvom mikroskopu trebalo je od njih izbrusiti tanke pločice, da kroz njih može svjetlost prolaziti. Pa i to je Nicol uradio. On je već dvije godine kasnije, dakle 1831. objavio metodu, po kojoj se mogu prirediti mikroskopski izbrusci ili mikroskopski preparati, toliko tanki, da se u njima mogu s velikom točnosti vršiti opažanja i mjerenja optičkih konstanta minerala jednih pored drugih. Izbrusci su bili debeli između 0,05–0,02 mm. Prve takve izbruske priredio je Nicol od fosiliziranog okremenjenog drva (lit. 4).

Sve ovo palo je međutim u zaborav, ali srećom samo za kratko vrijeme, svega za 20 godina, dakle do pedesetih godina prošloga stoljeća. Nicol je ipak još doživio punu primjenu svojih naučnih otkrića. Samo godinu dana prije Nicolove smrti, dakle god. 1850. objavio je *H. C. Sorby* (1826–1908) ponovo Nicolovu metodu priređivanja mikroskopskih izbrusaka, a godinu dana iza toga štampao je prvi petrografski rad izrađen pomoću polarizacijskog mikroskopa (lit. 5). Bilo je to dakle

god. 1851. Taj je događaj bio sudbonosan za petrografiju i mineralogiju, jer su se time one, a naročito petrografija, potpuno osamostalile i do danas, dakle u proteklih 100 godina, razvile do visokoga stepena.

Predmikroskopska petrografija je dakle završila god. 1851. pojavom prvog petrografskog rada izrađenog pomoću polarizacijskog mikroskopa. Otada se znanstvena metoda ispitivanja minerala i stijena u polariziranoj svjetlosti naglo usavršavala. Tamo oko osamdesetih godina prošloga stoljeća već daje mikroskopska fiziografija petrografskim radovima, kojih ima u sve većem broju, vrlo jednolično lice. Postojala je bojazan šematiziranja ove plodonosne metode ispitivanja minerala i stijena.

Međutim već devedesetih godina prošloga stoljeća počeli su stijene smatrati ne samo prostim agregatima minerala, već kemijskim sistemima, kojih se postanak može objašnjavati fizičko-kemijski, jednadžbama i dijagramima na osnovi fizičke kemije. Time petrografija u novom, dvadesetom vijeku postaje petrologija, dakle neke vrste »biologija« stijena (l. c. 4. p. 477), a stijene agregati prirodnih kemijskih spojeva-minerala, koji su u glavnom neorganskog porijekla.

I tako, uz mikrofiziografiju minerala postaju minerogeneza i petrogeneza nove grane petrologije, t. j. petrografske nauke našega vremena (lit. 6).

Okrenimo sada stranicu historije geoloških nauka, posebno pak mineralogije i petrografije u našoj domovini, u proteklih 100 godina. Kulturni preporod u Hrvatskoj odvijao se u prvim decenijima prošloga stoljeća, a okrunjen je osnivanjem Narodnog muzeja, Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti i Sveučilišta u Zagrebu.

Narodni muzej, osnovan još zarana u prvoj polovini prošloga stoljeća, postao je i prvo žarište prirodoslovnih nauka u Hrvatskoj. Danas, iz daljine preko jednog vijeka njegova života i razvitka vidimo, da je prvi posao, iako diletantski započet, uspio i postao preteča egzaktnog prirodoslovnog naučnog rada već u drugoj polovini stoljeća. Napori Iliraca, koje je predvodio *Ljudevit Gaj* (1809–1872), dali su sjajne plodove, jer već osamdesetih godina prošloga stoljeća ima u Narodnom muzeju više odjela, u kojima se njeguje nauka. Takvi su bili odjeli za geologiju i paleontologiju, petrografiju i mineralogiju, zoologiju, arheologiju, numizmatiku, a kasnije i za botaniku i etnografiju. Napokon otvoreno je god. 1874. i hrvatsko sveučilište u Zagrebu.

Sve to dogodilo se tamo između 1836. i 1874. godine. Otvaranjem sveučilišta u Zagrebu dobile su i prirodoslovne nauke svoj krov, na već dobrano očvrslim temeljima, Narodnom muzeju i Jugoslavenskoj akademiji znanosti i umjetnosti.

Za vrijeme kulturnog preporoda počinju i petrografska i geološka ispitivanja u Hrvatskoj. O tome nam lijepo svjedoče mineraloško-petrografske i geološko-paleontološke zbirke u Narodnom muzeju, pa prvi opisni petrografski radovi o našim stijenama. Tako je *Ljudevit Vukotinović* (1813–1893), ni pravi prirodoslovac ni učeni petrograf, ali dobar posmatrač, opisao stijene Moslavačke gore i svoje podatke objavio prvo na njemačkom jeziku god. 1852. u Beču (lit. 7), a onda na hrvatskom jeziku god. 1868. u Zagrebu (lit. 8). Iako na njemačkom, bio je to prvi rad takve vrste, što ga je napisao naš čovjek. Da je Vukotinović bio dobar posmatrač, vidi se po tome, što je u moslavačkom granitu opazio i jedan rjeđi mineral, igličast, crvenkaste boje, od koje granitu »njeka lahka muka bliedocrvenkasta«.[1] Vukotinović ga dakako nije ni mogao ni znao odrediti u to vrijeme, jer je zato bio potreban polarizacijski mikroskop, koji je tek konstruiran. Vukotinovićev prvi petrografski rad iz Hrvatske bio je dakle opisni petrografski rad, takav kao i radovi njegovih savremenika u drugim zemljama.

Predmikroskopska petrografija završila se u Hrvatskoj tek po povratku *Dr. Đure Pilara* (1846–1893) iz Francuske i Belgije, gdje je završivši geološke nauke postao u Bruxellesu i »agregé« na tamošnjem Univerzitetu. Kao muzejski pristav pak u Zagrebu preuzeo je Pilar god. 1870. brigu oko odjela sa zbirkama za mineralogiju i paleontologiju, a to je on mogao uraditi u punoj mjeri, jer je bio tada prvi geolog po odgoju i zvanju u Hrvatskoj, koji je i za petrografski studij minerala i stijena vladao i novom metodom ispitivanja pomoću polarizacijskog mikroskopa. Pilar konačno postaje god. 1875. i prvi profesor geologije i mineralogije na mladom hrvatskom Sveučilištu. Tako je na solidno priređenoj osnovi počeo i na polju geoloških nauka u Hrvatskoj egzaktan naučni rad.

Ali Pilar se ipak nije posvetio petrografiji i mineralogiji. On je u svome možemo reći kratkotrajnom radu[2] obraćao glavnu pažnju geologiji, zapravo endodinamici, napisavši i dvije vrlo zapažene knjige o životu i razvitku Zemlje, i o silama, koje iz nje izviru. (lit. 9, 10).

A petrografija s mineralogijom, kao i druge grane geološke nauke, tražila je već tada samostalna čovjeka, koji će se samo njoj posvetiti, jer se već uz Pilara, a naročito poslije njegova odlaska, moralo u pojačanoj mjeri pristupiti istraživanju mineraloških i petrografskih prilika u Hrvatskoj i našim drugim krajevima.

I zaista našao se upravo za petrografiju i mineralogiju čovjek, već okušan u modernom naučnom ispitivanju minerala i stijena novim mikroskopskim metodama. Bio je to *Mišo Kišpatić*, profesor zagrebačke velike realke, poznat kao odličan student prirodoslovnih nauka već iz vremena svoga studija u bečkom Univerzitetu od god. 1869. do 1873., a poznat i kao naročito nadaren pisac popularnih prirodoslovnih djela i članaka.[3]

[1] Taj igličasti crvenkasti mineral odredio je kao *andaluzit* tek Mišo Kišpatić god. 1886., ma da je prvenstvo pripalo *E. Cohenu*, koji ga je opisao u radnji »Andalusitführende Granite« godinu dana kasnije, naime 1887. u Neues Jahrb. f. Min., Geol. und Pal. II. Bd. 1887.

[2] Kratkotrajni rad odnosi se na Pilarova petrografska ispitivanja stijena pomoću polarizacijskog mikroskopa, jer su trajala svega nekoliko godina, i to zbog očne bolesti, koja se pojavila god. 1880., pa iza toga i bolesti, koje su ga skršile god. 1893.

[3] Mišo Kišpatić je još kao student okušao svoj talenat popularizatora prirodoslovnih nauka izvanredno živopisnim djelom »Životinje našozemske i njeke tudjozemske. Diel prvi. Zagreb, 1872«. Poslije toga objavio je on u izdanjima Matice Hrvatke niz sjajnih, duhovito protkanih djela, također popularne prirode i iz botanike, geologije i rudarstva.

Ali lik Kišpatića petrografa i mineraloga ocrtava se tek u njegovim naučnim djelima i udžbenicima. Tako na primjer već u udžbeniku »Zemljoznanstvo obzirom na šumarstvo i gospodarstvo« god. 1877., zatim u znanstvenom radu »Zagrebački potresi«, što ga je štampao god. 1879. u Zagrebu.

Na osnovi solidnog školovanja kod znamenitog mineraloga i petrografa *G. Tschermaka* u Beču Kišpatić je izradio disertaciju »O postanku poluopala u gleichenberžkom augit-andezitu« (lit. 11); ona mu je poslužila god. 1881. za polaganje doktorata. Već god. 1882. dobiva Kišpatić veniam legendi u filozofskom fakultetu zagrebačkog Sveučilišta, habilitiravši se za predmet »Znanstvena petrografija«. Otada punih 36 godina nalazimo ime Miše Kišpatića na istaknutom mjestu i u stranim i domaćim naučnim časopisima. Kroz to vrijeme on je svoj narod i Sveučilište dostojno zastupao u naučnom svijetu.

Obrise ozbiljna naučnog radnika vidimo već u njegovoj disertaciji, s kojom se pojavio i u stranoj stručnoj literaturi (lit. 12).[4] U toj radnji vidi se već jasno Kišpatićev način rada i stav, koji zauzima prema dokaznom materijalu, što ga treba da dade ozbiljan kritičan naučni radnik, kad želi da mu rad bude dobro opremljen i prihvaćen od naučne javnosti.

Eto na primjer već u spomenutoj disertaciji, prije odluke, da stijenu koju ispituje, nazove augitskim andezitom, Kišpatić piše (l. c. 11. p. 5.): »Ja nisam u tom kamenju nigdje mogao naći onu množinu sanidina, o kom stariji pisci govore. S malimi iznimkami bio je sav glinenac tude plagioklas«. To je on mogao reći, jer je zaista proučio mikrofiziografske osobine sanidina i plagioklasa u toj stijeni. Jer da to nije uradio, morao bi i on, poput starijih pisaca, stijenu nazvati trahitom, a ne njezinim pravim imenom – augitskim andezitom, u kome su glinenci najpretežnije iz familije plagioklasa, a ne sanidin.

Još više ispoljila se objektivnost i kritičko promatranje u Kišpatića pri mikroskopskom ispitivanju eruptivnih i kristalastih stijena iz Fruške gore. On je vodio polemiku o vrsti eruptivne stijene u oblasti petrovaradinskog tunela s mađarskim geologom *A. Kochom*, koji je tvrdio, da je ta stijena doleritski fonolit, zatim sa znamenitim austrijskim mineralogom *C. Doelterom*, koji je stijenu uvrstio među amfibolske andezite.

Kišpatić je dokazao, da je eruptivna stijena u tunelu ispod Petrovaradina i u okolini trahit, ističući , da je količina plagioklasa u njoj manja od količine sanidina (lit. 13. p. 400). On je izvadio iz toga trahita amfibol, izmjerio ga na goniometru i odredio mu njegove glavne forme, dvije piramide, prizmu i bazni pinakoid. Dakle njegova mjerenja kristalografskih i optičkih konstanta, kutova potamnjenja, indeksa loma, dvoloma, kutova optičkih osi i dr., u amfibola, augita, sanidina, plagioklasa i drugih sastavaka, dala su mu tek pravo, da zaključi o njihovoj prisutnosti u stijeni, i da joj tek tada dade njezino pravo ime. Takav

[4] Kišpatićeva disertatija je štampana u cjelini i na njemačkom jeziku pod naslovom »Über die Bildung der Halbopale im Augit-Andesit von Gleichenberg. Wien 1882«.

zaključak međutim nije moguće donijeti na osnovu podataka ranijih istraživača, kao na pr. *H. Wolfa, A. Kocha, A. Popovića, St. Nedeljkovića, O. Lenza* i dr., kojima Kišpatić ispravno prigovara ovim riječima (l. c. 13., p. 397 i 398): »Demzufolge sind auch die einzelnen Gemengteile sehr verschieden angegeben und die physiographischen Eigenschaften wurden durchgehends übergangen, so dass man selbst nicht beurtheilen kann, ob die einzelnen Bestimmungen richtig sind oder nicht«. Ovi geolozi doduše navode i poimenično mineralne sastavke, ali im ne navode mikrofiziografskih osobina, po kojima jedinima možemo sigurno zaključivati, da su to upravo ti minerali, i da prema njima klasificiraju stijenu. Kišpatić je takvim egzaktnim i metodičkim radom pomoću polarizacijskog mikroskopa, počevši sa Fruškom gorom god. 1882., i proučivši stijene Moslavačke gore, Papuka, Psunja, Krndije, zatim stijene Bosne i Hercegovine, Dalmacije, Hrvatskog Primorja, Banije i Hrvatskog Zagorja, i završivši sa Zagrebačkom gorom god. 1918., objavio što u domaćim što u inozemnim naučnim časopisima oko 70 radova, među kojima nekoje i opsega monografija. Ti znanstveni radovi predočuju bogatu riznicu znanja, trajne i neprocjenjive vrijednosti za petrografiju i geologiju ne samo naše domovine Hrvatske i Jugoslavije, nego i cijelog Balkanskog poluotoka.

Već u prvim Kišpatićevim radovima zapažamo, da on osim točnih određivanja mineralnih sastavaka, pokušava iz njihova međusobnog odnosa, oblika i veličine, upoznati i fizičko-kemijske zakonitosti, koje su dovele do postanka stijene. On piše u raspravi o olivinskom gabru iz Moslavačke gore (lit. 14., p. 17): »Poznato je, da su u novije vrieme stali znameniti petrografi gabro uvrštivati među kristalinične škriljavce, a k tomu mnienju i ja se pridružujem«. Kišpatić je naime u gnajsu iz Mikleuškog jarka našao piroksena, koji smatra kopčom između gabra i gnajsa, pa zbog toga drži i gabro članom tamošnje formacije gnajsa, dakle smatra ga kristalastim škriljavcem kao i gnajs. Kišpatić je dakle već od prvih dana svoga naučnog rada ne samo savjestan istraživač optičkih osobina minerala, već je on mineralog i petrograf genetičar, preteča petrologije, nauke naših dana o stijenama. On već tada zadire duboko u probleme postanka kristalastih škriljaca, dakle u ono područje petrografske nauke, u kome su ispitivanja fizičko-kemijski neobično zamršena i toliko mnogostrana, da nam se i danas čini, kao da se u tome području prirodoslovnih ispitivanja nalazimo u samim počecima.

Poslije proučavanja petrografskih prilika u Fruškoj gori i hrv.-slavonskim planinama prelazi Kišpatić na ispitivanje Bosne i Hercegovine. Tamo je on naišao na golemom prostoru između Une i Drine na osobitu skupinu stijena, udruženih u jednu geološku cjelinu, koje je prozvao »Kristalinsko kamenje serpentinske zone u Bosni«. To su lercolit sa serpentinom, amfibolit, olivinski gabro, troktolit i piroksenit, u koje su na mnogo mjesta utisnuti dijabaz i melafir.

Stariji austrijski geolozi, koji su tamo zalazili prije Kišpatića, smatrali su te stijene za eruptivne, i da su kredne starosti (lit. 15). *E. Mojsisovics* (l. c. 13., p. 37) ih drži čak za eruptivne površinske stijene

i pršince. Za pršince tvrdi i Pilar, da su slojevito vrstani serpentini. *A. Bittner* međutim ne nalazi dosta pouzdanih podataka za utvrđivanje starosti tih stijena istočno od Višegrada, kao ni o njihovu odnosu prema amfibolitima. Bittner piše (l. c. 15., p. 247): »Kad bismo htjeli uzeti, da je gabro i serpentin u okolici višegradskoj velike starosti, to ne bismo u opažanim odnosima mogli naći pouzdane protudokaze. Protivno opet shvaćanje, da ove eruptivne stijene odgovaraju krednim serpentinima srednje i istočne Bosne, ne bi moglo naići na opravdan prigovor, jer vapnenjaci, koji leže na ovim stijenama, pripadaju mlađim krednim sedimentima«.

Ta neizvjesnost, i činjenica, da stijene u Bosni nije ispitivao dotada nijedan pravi petrograf, potakla je Kišpatića, da se baci na sistematski rad, koji će potrajati cijeli niz godina. Kišpatić je zašao u Bosnu god. 1892., a svoju veliku raspravu o kristalinskom kamenju serpentinske zone u Bosni objavio je u izdanjima Jugoslavenske akademije već pet godina kasnije, naime 1897. (lit. 16). Ta rasprava, upravo monografija, štampana je u cjelini i na njemačkom jeziku (lit. 17).

U toj velikoj radnji kaže Kišpatić, da su lercolit, olivinski gabro, amfibolit i piroksenit među sobom genetski povezani. Proučivši ih na mjestima pojavljivanja, a zatim vrlo iscrpno pomoću polarizacijskog mikroskopa u zavodu, dolazi Kišpatić do zaključka (l. c. 16., p. 230): »... da se kristalinsko kamenje bosanske serpentinske zone, izuzevši dijabaze i melafire, ima uvrstiti med kristalinske škriljavce, da je to kamenje članom arhaiske formacije«, a zatim dalje: »Amfiboliti prikazuju nam se sa svimi značajnimi svojstvi kristalinskih škriljavaca«. Amfiboliti su naime, kako je Kišpatić utvrdio, uvijek u genetskoj vezi s lercolitima, pa ako su amfiboliti kristalasti škriljci, onda su takvi i lercoliti, koji izgrađuju najveći dio bosanske serpentinske zone.

U radnji o serpentinskim stijenama u Hrvatskoj, koja je nastavak ove velike rasprave, piše Kišpatić (lit. 18. p. 13): »Naši zaključci o starosti i porieklu kamenja serpentinske zone u Bosni, ako su uobće osnovani, moraju da vriede i za kamenje u Hrvatskoj«.

Kišpatić se, kako vidimo, odlučno izjasnio i o prirodi stijena serpentinske zone u Bosni, da su kristalasti škriljci, i o njihovoj starosti, da su naime arhajske stijene. Bilo je malo petrografa u proteklih 100 godina razvitka naše nauke, koji su tako odlučno zauzeli i branili svoje stajalište u tome toliko zamršenom klupku pitanja i problema. To je za ono vrijeme, prije više od pola vijeka, bila i dalekosežna i smiona odluka.

Pođimo dakle da uporedimo Kišpatićeve poglede na strukturu, kao glavni genetski biljeg ove skupine stijena, s pogledima savremenih petrologa, i da uporedimo njegov zaključak o starosti tih stijena sa zaključcima, do kojih su došli istraživači tih stijena poslije njega.

Kako je već poznato, Kišpatić je napisao u raspravi o olivinskom gabru iz Moslavačke Gore (l. c. 14. p. 7): »Pod mikroskopom prikazuje se dijalag u najčudovitijih oblicih, koji se sad razširuju, sad suzuju, ispunjujuć prostor, koji među labradoriti preostaje«. To je prema nje-

Vanja Radauš: Mišo Kišpatić

govu mišljenju strukturna osobina neobična za eruptivne stijene, pa se priklanja mišljenju znamenitih petrografa, da je gabro kristalasti škriljac. Kišpatić nailazi na tu strukturnu osobinu i u gabru, troktolitu, lercolitu i serpentinu, amfibolitu i piroksenitu u cijeloj serpentinskoj zoni u Bosni i u Hrvatskoj. Tako raspravljajući o olivinskom gabru iz Kozaračke rijeke, piše Kišpatić o međusobnom odnosu plagioklasa i piroksena, da se oni »naime vrlo često istežu u više vijugasto zavijenih krakova, a gdjekoji se takav krak produžuje između plagioklasa, te se na drugom kraju opet razširuje u veće i nepravilno zavijeno zrno. Pred sobom imamo sliku, kakve nam ne pokazuje nijedan poznati eruptivan kamen« (l. c. 16. p. 106). U lercolitu i serpentinu okoline Višegrada motri uklapanje olivina i monoklinskog piroksena u diopsidu, a u lercolitu iz Vukovca olivin i bezbojni diopsid uklopljene u broncitu (l. c. 16. p. 149). Kišpatić dakle ne zapaža u tim stijenama normalnih struktura eruptivnih stijena, u kojima bi mogao utvrditi red kristalizacije mineralnih sastavaka. Svi mineralni sastavci su nepravilna oblika, zalaze jedni u druge i međusobno se ovijaju, uklapaju, pa radi toga ne uvršćuje te stijene među eruptivne, već među kristalaste škriljce.

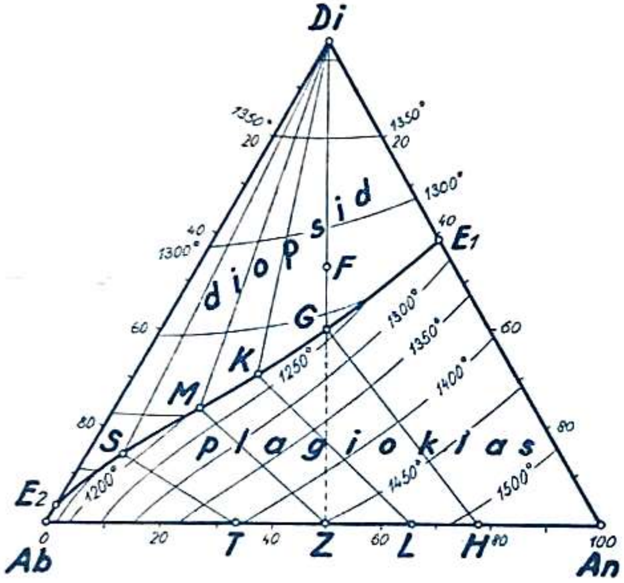
Treba međutim napomenuti danas, da su ispitivanja strukture stijena toliko napredovala, da se može reći, da fizičko-kemijski uvjeti razvijanja neke magmatske stijene nisu bili uvijek jednaki. U magminoj otopini mogla je nastupiti kemijska neravnoteža, zbog koje su ranije iskristalizirani sastavci stupili u reakcije sa zaostalom otopinom, pričem su često izgubili svoje pravilne kristalografske konture pa izgledaju kao nagrizeni, s prstolikim udubinama poput malih zaliva i narezuckanih rubova. Takve reliktne strukture srećemo često u efuzivnim i intruzivnim stijenama.

Ali ima i takvih struktura, gdje su mineralni sastavci također posve nepravilna oblika i zadiru jedni u druge, među sobom se uklapaju, ali takve strukture postaju prekristalizacijom, po nekima primarnom kristalizacijom. To su t. zv. kristaloblastične strukture u kristalastim škriljcima, u nekim metamorfnim stijenama. Da li su takve strukture moguće u eruptivnim stijenama, to je pitanje, kojim se danas petrografi živo bave.

Ovo uklapanje mineralnih sastavaka među sobom, u stijenama serpentinske zone u Bosni, shvatio je Kišpatić, kako vidimo, kao neobičnu strukturnu pojavu, »kakve nam ne pokazuje nijedan eruptivan kamen« (l. c. 16. p. 106). I kad bismo ovu strukturnu pojavu danas pokušali objasniti na osnovi eksperimentskih fizičko-kemijskih rezultata istraživanja dvokomponentnih i više komponentnih sistema, jedva da bi ti rezultati bili jednoznačni.

Između proučenih primjera kristalizacije umjetnih taljevina, koji bi nam mogli poslužiti za objašnjavanje pojave međusobnog uklapanja mineralnih sastavaka u stijenama serpentinske zone u Bosni, ima takva dva petrološki značajna primjera. To su trokomponentni sistem diopsid + anortit + albit i dio trokomponentnog sistema forsterit + anortit + kremen.

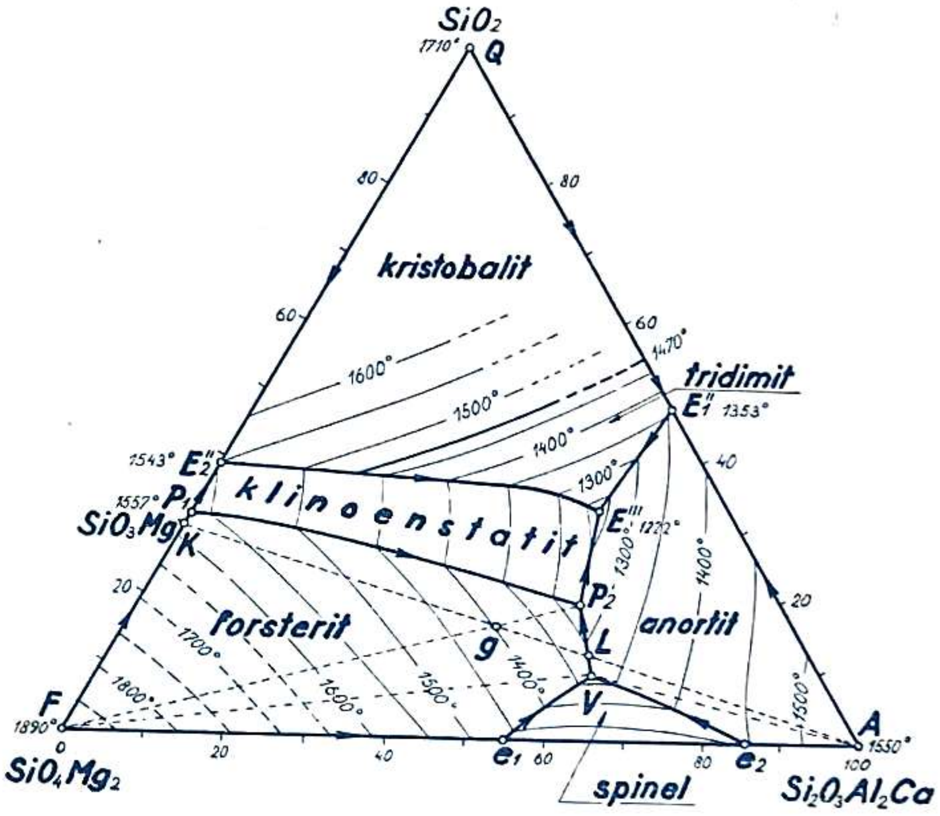
Prvi primjer proučio je američki petrolog *N. L. Bowen* (lit. 19) i prikazan je na sl. 1. U tome sistemu vidimo, da diopsid i anortit tvore jednostavni dvokomponentni sistem s eutektikom E_1, a tako isto diopsid i albit s eutektikom E_2. Anortit i albit pak tvore neprekinuti niz kristala mješanaca, počevši s čistim anortitom na jednoj i albitom na drugoj strani sistema. Polje u kome prvo kristalizira diopsid razdijeljeno je od polja plagioklasa eutektičkom linijom, koja spaja obadva eutektika E_1 i E_2. Eutektička tačka diopsida i anortita leži nešto više od 1300°, i pri gotovo ojednakoj koncentraciji obadviju komponenata. Eutektička tačka pak diopsida i albita leži vrlo blizu čistom albitu, blizu 1100°C.



Sl. 1.

Kristalizacija počinje izlučivanjem anortita, odnosno diopsida, do eutektika, gdje se kristaliziraju istovremeno obadva minerala. Možemo dakle očekivati, da će se obadva minerala pri eutektičkoj tački kristalizacije međusobno uklapati. Ali u sistemu se nalazi i komponenta albita, koja s anortitom padanjem temperature stvara kristale mješance. Tako na pr. iz smjese sastava *F* kristalizira prvo diopsid, kome se u tački *G* pridruži plagioklas sastava *H*. To je dakle plagioklas s približno 80% *an*. Od tačke *G* niz eutektičku liniju kristalizira diopsid i zonarno građen plagioklas, sa sve više albitske komponente, dok taljevina potpuno očvrsne. I kad bismo tim primjerom pokušali objasniti strukturne pojave u stijenama, koje je istraživao Kišpatić, našli bismo doista uklapanje piroksena i plagioklasa, ali ne bismo našli zonarno građenih

plagioklasa, koji su tipični za tu kombinaciju minerala. Kišpatić naime navodi, da su glinenci iz reda bitovnita, rijetko labradorita ili anortita. To su jednostavni sraslaci po albitskom zakonu, ili komplicirani sraslaci po albitskom i periklinskom zakonu, bez pojava zonarne građe. Zonarnu građu plagioklasa ne smijemo nikako izgubiti iz vida, ako želimo pomoću ovoga trokomponentnog sistema objasniti strukturne promjene u ovim stijenama. A zonarno građenih plagioklasa nema.



Sl. 2.

Uzmimo međutim drugi istraženi primjer, u kome ćemo naći upravo one mineralne sastavke, što ih sadržavaju stijene serpentinske zone u Bosni. To je trokomponentni sistem forsterit + anortit (+ klinoenstatit) + kremen, koji je istražio *O. Andersen* (lit. 20), a prikazan je na sl. 2. U tome sistemu dolazi u obzir za naše tumačenje samo njegov donji dio, s forsteritom, anortitom i piroksenom, pa i spinelom. U tome dijelu trokuta nalazi se polje forsterita, dijelom anortita i klinoenstatita izvan trojnog eutektika E‴.

Kristalizacija počinje izlučivanjem forsterita, odnosno olivina, i kad temperatura i koncentracija dospiju do linije $V - P_2$ i $P_1 - P_2$, pridruže se forsteritu anortit i klinoenstatit. Moramo međutim uvažiti, da klinoenstatit ima inkongruentno talište, kao i to, da će se forsterit, odnosno olivin, i dalje kristalizirati uz klinoenstatit, iako je u neravnoteži s otopinom, koja će ga početi otapati, resorbirati. Resorpcija će napredovati dotle, dok se oko forsterita razvije neke vrste oklop od klinoenstatita, koji će ga zaštititi od daljeg otapanja. Kristalizacijom anortita duž linije $V - P_2$ postaje i on nestabilan, pa se dijelom također otapa kao i fosterit. Tako će svi sastavci pri određenoj temperaturi i koncentraciji doći u neravnotežu s otopinom i biti dijelom ili potpuno resorbirani. Budući da kristalizacija završi kod prelazne tačke P_2, ne dolazi do stvaranja trojnog eutektika, kad bi se počeo izlučivati i kremen.

Ako bismo pokušali s ovim primjerom tumačiti strukturne osobine stijena serpentinske zone u Bosni, naišli bismo na zapreke u tome, što za međusobno uklapanje mineralnih sastavaka nema ni dvojnog ni trojnog eutektika, a također ni zonarno građenih plagioklasa, iako je sigurno, da se u sistemu nalazi i komponenta Na_2O, potrebna za stvaranje albita. Kišpatić još tada ne spominje resorpciju mineralnih sastavaka, ali ni zonarno građene plagioklase. Dakle ni tim primjerom ne bismo mogli objasniti jednoznačno tu strukturnu pojavu.

Moramo međutim dodati, da su poslije Kišpatića istraživali serpentinske stijene u Srbiji i Makedoniji *F. Tućan* (lit. 21), *St. Pavlović* (lit. 22), *M. Tajder* (lit. 23), i dr. I oni govore o nepravilnim oblicima mineralnih sastavaka kao o bitnoj genetskoj karakteristici tih stijena. M. Tajder (l. c. 23. p. 2., 3., 41 i 48) piše o »jajolikoj formi zrna«, o uklapanju olivina u dijalagu, i to pripisuje pojavama resorpcije, svodeći postanak stijena na magminu diferencijaciju. Spomenimo, da ni on ne govori o zonarno građenim plagioklasima, iako imaju uz anortitsku komponentu i do 28% albitske komponente.

Prema svemu, iako su i opća i eksperimentska istraživanja daleko napredovala poslije Kišpatićevih proučavanja stijena serpentinske zone u Bosni, nismo još u stanju, da njegovu sumnju u eruptivnu prirodu tih stijena sasvim odstranimo. Jer treba još dodati i istaknuti, da sve stijene od Kalnika i Zagrebačke gore, kroz Hrvatsku, Bosnu, Srbiju i Makedoniju, imaju svagdje iste strukturne osobine, i teško bi bilo shvatiti, da su one, kao eruptivne stijene, postale na tako golemom prostranstvu iz jednako sastavljene magmine taljevine, jednako mirne za vrijeme cijele kristalizacije. Kišpatić je s puno prava zaključio, da su one zbilja neobične, da bi ih smatrao kao eruptivne stijene. On se zato priklonio mišljenju, da ih zbog strukture, za koju bi danas mogli reći, da je slična kristaloblastičnoj strukturi kristalastih škriljaca, ne smatra ni eruptivnim ni metamorfnim, već kristalastim škriljastim stijenama.

Kako je te originalne Kišpatićeve misli i tvrdnje primila naučna kritika onoga vremena? Evo izvatka iz prikaza, što ga je o tome napisao poznati njemački mineralog i petrograf *O. Mügge*, neposredno iza pojave Kišpatićeva rada o stijenama serpentinske zone u Bosni. Mügge piše

(lit. 24. p. 67): »Ob die sogen. Serpentingesteine intrusiven oder effusiven Ursprungs sind, lässt sich bis jetzt nicht entscheiden, ebensowenig ist ein sicherer Schluss aus den Lagerungsverhältnissen auf das Alter möglich. Sie werden zwar sicher von cretaceischen Sedimenten überlagert, indessen kann dies möglicherweise auf Dislokationen beruhen. Verfasser hält sie (mit Ausnahme der Diabase und Melaphyre) für archäisch, weil die Amphibolite alle charakteristischen Eigenschaften der Krystallinischen Schiefer haben und die übrigen mit ihnen eine geologische Einheit bilden; die Gesteine sollen als solche entstanden und nicht das Product irgendeiner Metamorphose sein. Ref. Scheinen die Schlüsse nicht zwingend, man kennt ja auch Gesteine mit allen Merkmalen krystallinischer Schiefer von sehr jugendlichem Alter«.

Mügge, eto, također smatra, da se ne može sigurno govoriti, da li su serpentinske stijene intruzivne ili efuzivne, kao što se iz njihova položaja ne može povući siguran zaključak o njihovoj starosti. On misli na dislokacije, koje bi mogle dovesti ove stijene u Bosni u njihov sadašnji položaj i odnos s paleozojskim stijenama njima na rubovima. To je pretpostavka, koja se može primiti, ali treba je potkrijepiti dokazima. Ne smijemo međutim zaboraviti, da je Kišpatić bio osobito savjestan posmatrač, da je dugo boravio u pojasu serpentinskih stijena u Bosni i Hrvatskoj, i da on ne bi propustio priliku, da i o tome kaže otvoreno mišljenje, kad bi bio nešto takvo zapazio.

Mišljenje Müggea, da ima i mlađih stijena s karakteristikama kristalastih škriljaca, može se također primiti,[5] ali Kišpatić ovdje odlučno navodi, da su serpentinske stijene u Bosni arhajske starosti, da su primarne, takve kakve su postale, kristalasti škriljci, dakle niti eruptivne niti produkti kakve metamorfoze.

Pogledajmo međutim pola vijeka iza objave Kišpatićeva rada o stijenama serpentinske zone u Bosni, o tome naime, da su one kristalasti škriljci, da nisu produkt nikakve metamorfoze, a da nisu ni eruptivne, što o metamorfnim stijenama kaže petrografska nauka danas u jeku razvitka fizičko-kemijske petrografije ili petrologije. Čitajući naime izlaganja *P. Eskole* o mineralnim facijama (lit. 26. p. 344–368), o granitu i granitizaciji, o magmatogenim i metamorfogenim facijama, ne možemo a da ne pomislimo na Mišu Kišpatića i njegov stav u pitanju ofiolitskih stijena i njihove geneze.

P. Eskola smatra, da se u nekoj mineralnoj faciji može genetski raspravljati s istog stajališta i o nekim eruptivnim i metamorfnim stijenama. Tada je mineralni sastav pri istom kemizmu stijena odlučan za njihovu pripadnost u jednu ili drugu skupinu, t. j. višu ili nižu temperiranu faciju. On je naime u jednoj tablici (l. c. 26., p. 345), koja treba da posluži istovremeno i kao *pt* dijagram, s temperaturom na apscisi i pritiskom na ordinati, izdvojio, odnosno grupirao stijene u facije. Tako na pr. metamorfna amfibolitska facija i njoj srodna eruptivna

[5] *G. Wilson* (lit. 25. p. 35) kaže u svojoj raspravi o geologiji, petrologiji i tektonici područja Brzeće na Kopaoniku, da bi, prema *Brammalu*, serpentini toga područja mogli biti i mlado tercijarni (postmiocenski).

facija amfibolskog gabra predočuju dvije niže temperirane facije, koje su među sobom genetski vrlo usko povezane. Njih je teško rastaviti, jer mogu biti produkti sukcesivnog očvršćivanja, a ne moraju biti proizvod metamorfoze, dakako zavisno od temperature i pritiska. Njihove strukture mogu biti također jednake. I *O. H. Erdmannsdörffer* (lit. 27) raspravlja o endoblastezi i kristaloblastičnim strukturnim karakteristikama, koje je prate. *B. Sander* (lit. 28) pak piše, da facijalne i strukturne razlike između eruptivnih i metamorfnih stijena prestaju pod određenim uvjetima. *P. Niggli* (lit. 29. p. 508) kaže, da gnajsifikaciju treba smatrati primarnom, pa prema tome i postanak gnajsa primarnim. Takve pojave nisu rijetke ni među t. zv. bazitima i metabazitima, gabrima, amfibolitima, lercolitima i piroksenitima, dakle među ofiolitskim stijenama.

A Kišpatić već mnogo ranije smatra amfibolit primarnom stijenom, upravo tako i lercolit, s kojim se pojavljuje zajedno u serpentinskoj zoni u Bosni. Amfibolit je upravo takav, kakav je postao, primaran, i nije produkt nikakve metamorfoze. Kišpatić ga je već tada povezao genetski s lercolitom, olivinskim gabrom, piroksenitom, smatrajući ih jednom geološkom cjelinom, koju iz odnosa prema paleozojskim stijenama Bosne stavlja u arhaik. Dakle u Kišpatićevoj pretpostavci ima dodirnih tačaka s pogledima savremenih petrografa i petrologa, ali on je i ovdje zauzeo svoj stav, ne smatrajući ove stijene ni eruptivnim ni metamorfnim, već kristalastim škriljcima, kao zasebnom skupinom primarnih stijena.

Proučavanje stjenovite kore petrografskim, petrokemijskim i geofizičkim metodama svelo je u posljednje vrijeme spekulativna naziranja o građi Zemlje u tješnje granice. Sa dosta sigurnosti može se sada reći, da je Zemljin stjenoviti omotač izgrađen od dva dijela, *sial* – i *sima* – dijela. Vanjski sial-dio, predstavljen kontinentalnim blokovima, izgrađen je prema navodima *R. A. Dalya* (lit. 30. p. 176–178) od granita, sijenita i granodiorita, s gabrom i dioritom u dubljim i piroksenitom te peridotitom u najdubljim dijelovima, koji su već česti sima-podloge kontinentalnih blokova. Dubljina, u kojoj se prelazi u sima-dio, po navodima Dalyja, a prema podacima *A. Mohorovičića*, u srednjoj Evropi je između 40 i 60 km, gdje se već nalazi peridotit i piroksenit. *H. Jeffreys* misli, da se u toj dubljini nalazi eklogit ili kristalizirani ili staklasti dunit. Daly sam pak drži, da je stjenoviti omotač u toj dubljini od »piezogabra«, a u još većoj dubljini od bazalta.

Ofiolitske stijene, kao dio sima-podloge kontinenata, nalaze se u nekim dijelovima stjenovitog omotača i pliće pod površinom, na pr. u području Tihog oceana, ali one su negdje i na samoj površini otkrivene na golemom prostranstvu, kao na pr. u području oko Sredozemnog mora, na Balkanskom poluotoku i u Maloj Aziji.

Možemo se doista zbog toga zapitati, zar ofioliti ne bi mogli biti neprekinuti dijelovi *sima*-podloge kontinentalnih blokova, koja je zbog dubokih poremećaja u području orogena oko Sredozemnog mora iznesena do na samu površinu. U stijenama *sima*-podloge slijevaju se endoblastične magmatske i metablastične strukture kristalastih škriljaca

jedne u druge; one su kristaloblastične strukture, kako to prihvatljivo objašnjava *O. H. Erdmannsdörffer* (l. c. 27. p. 23., 24) pri proučavanju endoblasteze u granitu.

A o starosti tih stijena su mišljenja raznih autora različna, dok Kišpatić jedini zauzima odlučno stajalište, kad kaže, da su one arhajske starosti. *C. Burri* i *P. Niggli* (l. c. 29. p. 148) izražavaju se o starosti naših ofiolitskih stijena oprezno, dopuštajući, da one mogu biti u raznim krajevima i različne starosti. Zlatiborski lercolitski masiv mogao bi, po njihovu mišljenju, biti hercinske starosti, a to je u saglasnosti s mišljenjem *St. Pavlovića* (l. c. 22. p. 136), koji drži, da je paleozojske starosti. *O. Ampferer* i *W. Hammer* (lit. 31. p. 54 i 55) kažu, da su intruzije gabra i peridotita odvojene od mlađih efuzivnih stijena i njihovih klastičnih pratilaca, koji su trijaske starosti. Napokon *F. Kossmat* (lit. 32. p. 22) piše stalno, da su naše ofiolitske stijene u Bosni jurske starosti.

Na osnovi tih razmatranja moglo bi se doista postaviti pitanje, da li te stijene, što ih je Kišpatić proučavao tako pažljivo, možemo smatrati eruptivnima, ako pretpostavimo, da su one postale u velikim dubljinama, ispod kontinentalnih blokova, gdje vladaju, vjerojatno je, drugi fizičko-kemijski uslovi za postajanje stijena. A možemo li ih smatrati metamorfnim stijenama, kad ne nose neke bitne karakteristike metamorfoza, po kojima bi ih mogli svrstati među metamorfne stijene u litosferi?

Kišpatić ih je dakle odvojio i od eruptivnih i metamorfnih, i smatra ih takvima, kakve su od iskona, primarnim, najstarijim arhajskim stijenama-kristalastim škriljcima. Zar nije Kišpatić ovom svojom hipotezom otvorio novu problematiku u sistematskoj petrografiji, u kojoj u duhu njegove hipoteze ne bi govorili o tim stijenama ni kao eruptivnim ni metamorfnim, već kristalastim škriljcima, kao iskonskim, primarnim i najstarijim stijenama u litosferi?

Kišpatić je bio dubok fizički kemik, petrolog, kad je na osnovi samih mikroskopskih proučavanja strukture stijena serpentinske zone u Bosni postavio hipotezu, da su one kristalasti škriljci. U njegovu mišljenju ima dodirnih tačaka s pogledima savremenih petrografa i petrologa o tome krupnom pitanju petrogeneze, i njegova misao je zaista originalna, da su te stijene kristalasti škriljci. Treba međutim držati na umu, da danas imademo neuporedivo više i teorijskog i eksperimentskog materijala za komparativno proučavanje, nego što ga je imao Mišo Kišpatić u ono vrijeme, pa kad bi jednom i morali na osnovu nepobitnih dokaza ispraviti neke Kišpatićeve poglede, to ne bi ni malo umanjilo vrijednost njegova originalnog stava u tom pitanju naše nauke onoga vremena.

Pođimo međutim dalje za Kišpatićem, koji je ispisao još nekoliko originalnih stranica u petrografiji, iako u ono vrijeme podalje od glavnih evropskih središta naučnoga rada. Kako je već ranije spomenuto, on je ispitivao stijene uglavnom pomoću polarizacijskog mikroskopa, i upravo je fenomenalno značajno, da je on shvatio petrološku problematiku tako oštroumno, i neke fenomene zapazio tako vjerno, da su to kasnija eksperimentska ispitivanja posve potvrdila.

Bio je to slučaj kremenog olivinskog bazalta sa glavice Lončarskog visa kod Kutjeva u Slavoniji. Kišpatić je tumačio pojavu kremena u tome bazaltu suprotno mišljenju tada najglasovitijeg petrografa onoga vremena H. Rosenbuscha. O tome piše i *M. Tajder* (lit. 33, p. 190) ovako: »Nakon punih 30 godina mi ćemo ponovo osvježiti rezultate njegovih istraživanja, ne možda da odamo počast čovjeku, koji se može bez daljega uvrstiti među najjače petrografe toga vremena, nego da upoznamo jednu od njegovih ideja, jednu od njegovih pretpostavki, koju tek nakon dugogodišnjeg napretka petrografije možemo potpuno shvatiti i konačno egzaktnim putem potvrditi«.

Kišpatića su naime mikroskopska proučavanja na tome bazaltu dovela do zaključka, da je kremen u njemu, iako s olivinom »netrpeljiv« – antagonističan –, ipak singenetski mineral s olivinom, dakle po Kišpatiću »autigen« u tome bazaltu. To nije bilo u skladu s tada ustaljenim mišljenjem u petrografiji, jer je kremen sastavak kiselih stijena, pa ga prema tome ne bi smjelo biti u bazičnoj stijeni, kao što je bazalt sa Lončarskog visa.

Kako se ipak može objasniti prisustvo kremena zajedno s olivinom u istoj eruptivnoj stijeni, u našem kremenom bazaltu u Slavoniji?

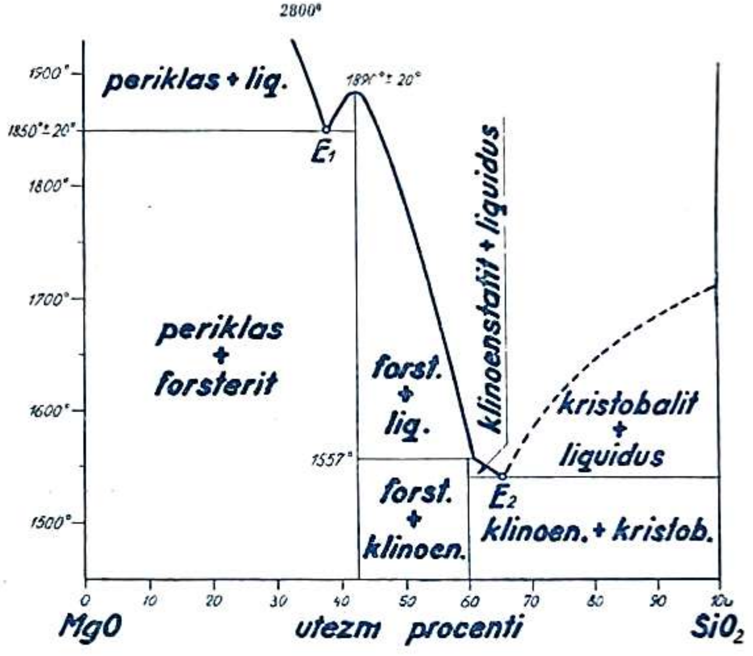
H. Rosenbusch je tumačio tu pojavu hipotezom o asimilaciji dviju magmi, jedne bazaltne s olivinom i druge kisele s kremenom u hibridnu magmu, iz koje se razvija »dacitski bazalt« s obadva antagonistična minerala. Kremen se pritom dijelom ili potpuno otopi, resorbira. Tako ćemo naći uz olivin još koje zrno kremena, koji kao relikt ukazuje na miješanje kisele s bazičnom magmom.

Kišpatić, koji je bio uvijek odmjeren u svome zaključivanju i potpuno samostalan u mišljenju, stavio je Rosenbuschovoj hipotezi o asimilaciji dviju magmi dva prigovora. Prvo, miješanje dviju magmi moralo bi ostaviti nekih znakova, kao na pr. nepotpuno asimiliranih dijelova jedne i druge magme, koje bi mikroskopski mogli sigurno dokazati, jer je mala vjerojatnost, da bi se dvije magme tako različne i kemijskim sastavom i viskozitetom mogle tako idealno izmiješati, da nestane svakog traga njihovu ranijem sastavu. Drugo, što je Kišpatić naročito istakao, a originalno je i značajno, da nije samo kremen resorbiran, kako to Rosenbusch navodi, već da su i ostali sastavci toga bazalta, olivin, plagioklas i amfibol, također manje ili više otopljeni, zahvaćeni resorpcijom.

Kišpatić se uz druge pojave osvrće naročito na zonarno građene plagioklase u tome bazaltu, plagioklase s 10, a ponegdje i 16 zona, lupina različitog baziciteta i aciditeta. Po toj rekurenciji može se zaključiti, da se kemizam magme naglo mijenjao, a takva izmjena ne bi se mogla objasniti miješanjem dviju magmi; ona mora imati svoj uzrok negdje drugdje. O tome se Kišpatić izjašnjava ovako (lit. 34, p. 79): »Der mehrmals sich wiederholende Wechsel in der Basicität des Feldspathes kann nicht im Verschmelzen zweier Magmen den Ursprung haben«. I Kišpatić zaključuje ovako: »Was aber den oft wiederkehrenden Wechsel in der chemischen Zusammensetzung des Magma und somit auch eine Rekurenz im zonalen Bau der Plagioklase verursachen kann, das ist

heute schwer zu sagen, ebenso wie es schwer ist zu erklären, wie es in einem basischen Magma zur Bildung von authigenem Quarz kommen kann. Nur das scheint sicher zu sein, dass sich Quarz auch aus dem basischen Magma ausscheiden kann«.

Da je Kišpatić izveo takav zaključak samo na osnovi mikroskopskog proučavanja izbrusaka kremenog bazalta sa Lončarskog visa, to treba naročito istaći, jer su kasnija eksperimentska ispitivanja fizičko-kemijskim putem njegov zaključak potvrdila.



Sl. 3.

Evo, što možemo danas reći o tome petrološki vrlo zanimljivom primjeru.

O. Andersen i *N. L. Bowen* (lit. 35), a zatim *J. W. Greig* (lit. 36) proučili su dvokomponentni sistem $MgO + SiO_2$, s kongruentnim talištem forsterita kod $1890^\circ \pm 20^\circ$, u dijelu dijagrama bogatijem na MgO (Sl. 3). Kod temperature 1577° nalazi se talište inkongruentnog piroksena, klinoenstatita, kao klasičan primjer nepotpune ravnoteže između izlučenog klinoenstatita i otopine. Ali još je značajnije, da se između temperature 1577° i 1557° iz smjese, koja odgovara klinoenstatitu, $Mg_2 [SiO_4 \cdot SiO_2]$ kristalizira forsterit, $Mg_2 SiO_4$. Dakle kristalizira se i dalje spoj s manje SiO_2, tako da ove komponente ima sve više u suvišku u otopini. Čim se dakle dulje kristalizira forsterit, tim ostaje u otopini više SiO_2. Ali doskora će ipak nastupiti neravnoteža između forsterita i otopine, zbog čega će forsterit početi reagirati s otopinom,

i on će biti resorbiran. Istovremeno će početi izlučivanje klinoenstatita, a pri eutektičkoj temperaturi E_2, kod 1543°, kristalizirat će i SiO_2 kao kristobalit. Dakle uz reliktni forsterit će se nalaziti u potpuno očvrsloj masi klinoenstatit i kristobalit. A to je upravo petrološki važno, jer odgovara primjeru bazalta s kremenom sa Lončarskog visa, koji je Kišpatić proučio.

Prema dijagramu dakle, može se protumačiti i resorpcija olivina u baz̆ičnim eruptivnim stijenama, kao i pojava kremena u njima. Kako ovdje oko forsterita, tako se u magminoj taljevini oko olivina, a u času prestanka njegova izlučivanja i početka resorbiranja, stvara vijenac od sitnokristalizirana klinoenstatita, odnosno piroksena, koji ga zaštićuje od daljeg otapanja, resorpcije. Pritom taljevina postaje sve kiselija, sve bogatija silicijskim dioksidom (SiO_2), više dakle nego što to odgovara sastavu prvobitne magmine taljevine. Otuda i mogućnost, da se iz takve bazične magme iskristalizira i kremen.

Kišpatić je dakle utvrdio mikroskopskim ispitivanjem, da se oko djelomično resorbirana kremena u bazaltu sa Lončarskog visa nalazi vijenac sitnokristalizirana piroksena i da se u tome istom kremenu nalazi kao uklopak rastrošeni olivin. To je upravo ono, što nam kaže i eksperimentski podatak O. Andersena, naime, da se i kremen može ranije iskristalizirati, ali tada bude resorbiran, kao i ostale komponente, osim ako se oko njega razvije »oklop« od piroksena, koji ga zaštiti od potpune resorpcije. A to je upravo slučaj s kremenom u bazaltu sa Lončarskog visa.

Kišpatić je, kako danas vidimo, imao pravo stavljajući prigovore Rosenbuschovoj hipotezi o asimilaciji dviju magmi, da objasni pojavu kremena u bazaltu tako sigurno i dosljedno, kao što to mi danas radimo na osnovi eksperimentskih podataka fizičke kemije. Kišpatić je intuitivno osjećao, da izvodi siguran zaključak riječima: »Nur das scheint sicher zu sein, dass sich Quarz auch aus dem basischen Magma ausscheiden kann«.

Dakle i eksperimentska istraživanja su pokazala, da se kremen može iskristalizirati iz bazične otopine, iz bazične magme, pa je time Kišpatićevo mišljenje o autigenom kremenu u bazaltu sa Lončarskog visa potvrđeno.

Kišpatić je dakle išao ne samo uporedo s vremenom u svojoj nauci, već je u značajnim problemima i predujačio događajima. Mi ćemo ovdje dotaći još jedno područje rada u petrografskoj nauci, u kome je on bio među prvima, kad je radi što točnijeg upoznavanja i klasificiranja stijene uporeživao njezin mikroskopski određeni mineralni sastav s kvantitativnom analizom stijene. Kišpatić je potkrijepio svoja izlaganja brojevima, izrazivši sastav stijene u postocima minerala tako, kao što mi to radimo danas u jeku modernog petrokemijskog razvitka naše nauke.

Petrografija, kao i svaka druga grana prirodnih nauka, ima svoju sistematiku. Ona je u eruptivnih stijena osnovana prema H. Rosenbuschu (lit. 37) na strukturi i mineralnom sastavu stijena. To je prirodna sistematika, u kojoj su stijene grupirane po srodstvu u svojte ili familije. Pokazalo se međutim, pri brzom razvitku mikroskopije stijena, da takva podjela nije bila dosta gibljiva, da se nije mogla prilagoditi sve većim zahtjevima, koji su izvirali iz bujice sve novih i novih imena eruptivnih stijena, koje su pojedini autori počeli unositi u petrografsku sistematiku.

Među prvima bio je H. Rosenbusch (lit. 38. p. 144–157), koji je razradio kemijsku klasifikaciju magmi, uzimajući za osnovu molekularne odnose oksida analiziranih stijena. Bilo je to oko devedesetih godina prošloga stoljeća. U isto vrijeme približno dao je prvu klasifikaciju eruptivnih stijena na osnovi njihova kemizma i ruski petrograf *F. Loewinson–Lessing* (lit. 39), koja se i danas upotrebljava u Rusiji. Prvih godina ovoga stoljeća pojavljuju se sa svojim klasifikacijskim sistemima eruptivnih stijena njemački petrograf *A. Osann* (lit. 40), pa američki petrografi *W. Cross, J. Iddings, L. Pirsson* i *H. Washington* (lit. 41). Oni daju velik i iscrpan umjetni kvantitativni klasifikacijski sistem na osnovi kemizma stijena, koji je prozvan kratko *CIPW-sistem.*

Tako, eto, postao je kemijski sastav eruptivnih stijena glavnom osnovom njihove umjetne sistematske klasifikacije. Pa i danas sve više upotrebljavani sistemi *A. Johannsena* (lit. 42) i *P. Nigglia* (lit. 43) pripisuju najveću važnost kemizmu stijena, i dobar petrološki rad ne može se više ni zamisliti bez kemijskih analiza stijena i preračunavanja i upoređivanja s drugim istovrsnim radovima u svijetu, po kome od izabranih klasifikacijskih sistema.

Vratimo se međutim opet našem Miši Kišpatiću, u ono vrijeme, kad je on pisao svoju disertaciju godine 1881. u Zagrebu. On je napisao (l. c. 11. p. 14, 15): »Ako prispodobimo mikroskopičku ovu sliku sa analizom, to ćemo vidjeti na jednoj strani ove listiće, a na drugoj strani neobično veliku množinu kalija, te ćemo morati zaključiti, da se taj kalij smije jedino u dotičnih ljuskah tražiti«.[6] Malo dalje daje Kišpatić, na osnovi preračunavanja iz te analize, ovaj mineralni sastav toga u poluopal pretvorenog glajhenberškog augitskog andezita:

20	postotaka	kalijeva tinjca
70	,,	opala
6	,,	oligoklasa
1	,,	limonita

To je dakle približan mineralni sastav u poluopal pretvorenog glajhenberškog augitskog andezita, izražen kvantitativno, u postocima sastavaka preračunatih iz kemijske analize stijene.

Ako uporedimo te postotke glavnih mineralnih sastavaka, kako ih je Kišpatić preračunao godine 1881. u Zagrebu, s postocima t. zv. *normativnog sastava* te iste stijene, preračunate po metodi CIPW-sistema, koji se pojavio 22 godine kasnije, dobijemo ove uporedne vrijednosti:

[6] Analiza, o kojoj Kišpatić govori, od glajhenberškog je augitskog andezita pretvorenog u poluopal, a izradio ju je *Max Schuster.*

	Po Kišpatiću god. 1881.	Po CIPW-sistemu god. 1903.
$Q+C$	70% (opal)	71,13%
F	26% (kalijski liskun + oligoklas)	27,28%
M	1% (limonit)	1,32%

Kišpatić je, kako vidimo, odredio postotak kalijskog liskuna, koji se međutim ne preračunava po metodi CIPW-sistema, pri kojoj K_2O ulazi u sastav glinenaca ili feldspata i feldspatoida, dakle u veličinu *F*, iako tamo stvarno ne mora biti u cjelini. Osim toga on je izračunao posebno oligoklas, koji s kalijskim liskunom, u kome se dakle nalazi K_2O, čini zajedno 26%, dok je suma *or*+*ab*+*an*, izračunata po metodi CIPW-sistema 27,13%, dakle približno koliko i u Kišpatića. Kišpatićevo preračunavanje opala daje po prilici, kako on sam kaže, 70%, a ono je po CIPW-sistemu 65,52%, dakle manje, ali s korundom, *C*, koji se dobiva po CIPW metodi preračunavanja, a koga u stijeni stvarno nema, dakle $Q+C$, daje 71,13%. I opet gotovo kao u Kišpatića. Količinu oksida preračunao je Kišpatić u vrijednosti 1%, a po CIPW-sistemu 1,32%. I ove vrijednosti su blizu jedna drugoj.

Kišpatićevo je preračunavanje postotnog mineralnog sastava iz kvantitativne kemijske analize dakle, uporedeno s normativnim sastavom dobivenim preračunavanjem po metodi klasifikacijskog CIPW-sistema, za ono vrijeme, oko osamdesetih godina prošloga stoljeća, dok još nema vijesti o petrokemijskim principima klasifikacije eruptivnih stijena, i originalno i novo. Uloga i važnost klasifikacije stijene na osnovi njezina kemijskog sastava, koju je iscrpno prikazao *L. Milch* (lit. 44), a zatim *E. Tröger* (lit. 45), potičući savremene petrologe na kvantitativno klasificiranje eruptivnih stijena, na osnovi njihova kemijskog sastava, ogleda se već u prvom naučnom radu Miše Kišpatića, što ga je napisao 1881. godine u Zagrebu.

Taj primjer pokazuje, da je Mišo Kišpatić prethodio jednom danas tako široko razrađenom petrografskom i petrološkom načinu izražavanja pri proučavanju i klasifikaciji eruptivnih stijena. I kad bismo naučno historijski sudili o građi i o tome, tko je začetnik klasifikacije eruptivnih stijena, naravno bez opreme, kakvu su raznim oblicima klasifikacije dali njihovi autori kasnije, F. Loewinson-Lessing god. 1890, A. Osann god. 1900, Cross, Idding, Pirsson i Washington 1903, P. Niggli 1920, sigurno je, da bi Mišu Kišpatića morali spomenuti među najprvima, na osnovi njegova rada još iz god. 1881, odnosno 1882., dakle jedan do dva decenija prije svih štampanih vijesti o klasifikaciji eruptivnih stijena na osnovi njihova kvantitativnog kemijskog sastava.

Mišu Kišpatića moramo dakle ubrojiti među one petrografe u svijetu, što su postavljali prve osnove klasifikaciji eruptivnih stijena vezanjem konstituirajućih oksida u minerale, koji stvarno izgrađuju eruptivne stijene.

Poslije godine 1900. proučava se u našem mineraloško-petrografskom muzeju i sveučilišnom zavodu još nekoliko krupnih problema, koji ulaze kao novi i originalni prilozi u petrološku nauku. Kišpatić je odabrao za svoga saradnika Frana Tućana, koji sa svojim učiteljem radi puna dva decenija u našoj užoj domovini Hrvatskoj, da zatim, sam Tućan, proširi mineraloška i petrografska istraživanja, sa svojim učenicima, na našu cijelu Jugoslaviju.

Tućan proučava genezu vapnenjaka ili krečnjaka i dolomita hrvatskoga krša, zatim zemlje crljenice (Terra rossa), i nalazi, da su to primarne stijene, a akcesorni minerali u njima, među ostalima i aluminijski hidroksidi, autigeni su minerali (lit. 46. p. 800). Tućan ispitujući zemlju crljenicu dolazi do zaključka, da je ona svojim mineralnim sastavom istovetna s boksitom (lit. 47.), i Kišpatić preuzevši dalja istraživanja na boksitima potvrđuje doista Tućanovo mišljenje ovim riječima: »Meine Untersuchungen stimmen volkommen mit denen von Dr. Tućan über terra rossa überein« (lit. 48. p. 547). Doista razlike u mineralnom sastavu među njima nema, a u koliko je ima, može se izraziti ovim riječima: boksit je stara, fosilna terra rossa, a terra rossa je mladi, recentni boksit. Rezultate njihovih mikroskopskih i kemijskih ispitivanja boksita potvrđuju i rentgenoskopska istraživanja, i istraživanja metodom termijske analize (lit. 49).

U vezi s ovim radovima Kišpatić je istražio i kremeni pijesak sa otoka Suska, zapadno od Lošinja u Hrvatskom Primorju. Između 22 razna minerala, što ih je Tućan odredio u vapnenjacima i dolomitima hrvatskoga krša, ima ih 19 u kremenom pijesku na Susku, a 18 u zemlji crljenici, terra rossi. Kišpatić piše (lit. 50. p. 301): »In der terra rossa sehen wir dass die Mineralien der Kalke nach Entfernung des Kalkkarbonats unverändert zurückbleiben können und es ist verständlich, dass dieselben noch leichter durch unterirdische Karstflüsse erhalten und fortgeführt werden können. Die Herkunft der Sande von Sansego ist uns also durch die Mineralien in den Kalken und der terra rossa in besseres Licht getreten«.

Taj pijesak sadržava gotovo sve one autigene minerale, koji, kao relativno netopljivi u vodi, zaostaju poslije otapanja vapnenjaka i dolomita u površinskoj vodi u kršu. Voda ih je tada spirala i po pukotinama i propuklicama, kako Kišpatić zaključuje, podzemno donosila i podmorski odložila na današnjem otočiću, koji se poslije toga, zbog općih geodinamskih pokreta jadranskog vapnenjačkog pojasa, izdigao nad površinu mora.

Kišpatić je također proučio i mlađe eruptivne stijene u Hrvatskom Zagorju (lit. 51), kristalinske stijene Kalnika (lit. 52) i eruptivne stijene i kristalaste škriljce Zagrebačke gore (lit. 53).

Petrografski rad o Zagrebačkoj gori bio je Kišpatićev posljednji naučni rad, u kome se ogleda njegov visoki moral istinskog naučnog radnika. Baveći se dugo stijenama te gore Kišpatić je pokušao da riješi njihovu genezu. Kako je u svome naučnom radu bio doista samostalan mislilac, nije ni ovdje postupio po kakvoj »šabloni«, naime, da pristane

na hipotezu dinamometamorfnog postanka zelenih škriljaca Zagrebačke gore iz dijabaza, odnosno iz gabra. Jer njemu već tada, a to je originalno, dinamometamorfoza nije davala uvjerljivih dokaza za sigurno objašnjenje tako krupne promjene, kao što je metamorfoza jedne stijene u drugu.[7] Kišpatić donosi poslije dugog proučavanja zelenih škriljaca Zagrebačke gore ovakav zaključak: »Die Grünschiefer des Agramer Gebirges sind also nicht durch einen dinamometamorphen Process aus Diabas entstanden, ebenso nicht aus Gabro. Wir haben hier nur ein negatives Resultat«.

Ali Kišpatićev negativni rezultat nije negativan, jer nam ipak daje mnogo pozitivnih podataka, za ono vrijeme možda nedostatnih, da se njemu svojstvenom sigurnosti, izjasni pozitivno o genezi zelenih škriljaca. Njegovi optički podaci će ostati dragocjen prilog istraživačkim radovima onoga našeg budućeg petrologa, koji će nastaviti tamo, gdje je Mišo Kišpatić stao pod bremenom života i rada.

Kišpatić je i naš prvi kristalograf, i to se ogleda u nizu kristalografski izmjerenih i izračunatih minerala sa različitih nalazišta u našoj zemlji, posebno pak u Bosni (lit. 55).

A Kišpatić je bio i osnivač naše seizmologije. On je objavio u godišnjem izvješću velike realke u Zagrebu prvi rad takve vrste pod naslovom »Zagrebački potresi« (lit. 56). Otada skoro kroz dva decenija objavio je u izdanjima Jugoslavenske akademije tri omašna rada o potresima u Hrvatskoj. U njima je kronološkim redom objavio blizu dvije hiljade podataka o potresima u našoj domovini. Takav je rad tražio vrlo ustrajna naučnog radnika, koji će kritički obraditi svaki izvještaj o potresu i dati mu stručno ruho.

Najzad moramo spomenuti, da su Kišpatićeva mikroskopska ispitivanja i rezultati citirani u osnovnim djelima naše nauke, u laboratorijskim priručnicima, kojima se služimo pri mikroskopskom ispitivanju minerala i stijena. U najvažnijem djelu takve vrste svjetske naučne literature, koje je napisao H. Rosenbusch, s dopunama *E. A. Wülfinga* i *O. Müggea* (lit. 57), nalazimo Kišpatićevo ime na više mjesta. Tako na pr. citiran je Kišpatić u vezi s tumačenjem postanka idingsita iz hiperstena, u hiperstenskim andezitima sjeverozapadne Hrvatske. Njegovi podaci o orijentaciji optičke indikatrise, kutu optičkih osi, kalavosti, boji, tu služe kao standardni za određivanje toga minerala. Zatim u vezi s pseudomorfozom opala ili kalcedona po augitu. Onda u vezi s distenom, na osnovi njegovih ispitivanja distenskog liskunskog škriljca iz Krndije u Slavoniji, i t. d.

Tako isto upotrebio je nedavno Kišpatićeve rezultate kemijskih ispitivanja eruptivnih stijena iz Hrvatskog Zagorja i susjedne Štajerske *F. de Quervain* (lit. 58) pri tumačenju vulkanizma u pojasu oko Sredozemnog mora, na granici Dinarida i Panonske nizine. To su analize hiperstenskih andezita od Trličnoga, Laza, Straže na Sutli, Kamenoga Vrha i Podgorja, koje svojim *Nigglijevim vrijednostima* pokazuju, da su to bile kremene dioritske magme, iz kojih su se razvile te naše stijene.

[7] *P. Niggli* (lit. 54. p. 504) napušta danas pojam dinamometamorfoze, zamjenjujući ga pojmom — dislokacijska metamorfoza. Dinamometamorfoza bi se odnosila samo na takve promjene u stijenama, koje nastaju mehaničkim kretanjem stjenovitih masa. Dislokacijska metamorfoza obuhvata pak sve ostale promjene u stijenama, izuzevši one, što se izvrše pri kretanju i dodiru magme sa čvrstim stijenama.

I sam *P. Niggli* (lit. 59) uzeo je Kišpatićevu analizu hiperstenskog andezita od Laza (u gore navedenom radu F. de Quervaina naznačeno je, da je ova analiza od uzorka stijene iz Lepoglave) s njezinim *Nigglijevim vrijednostima* kao standardnu za kremene dioritske magme.

—

Eto, dakle, lika Miše Kišpatića u svjetlosti današnje petrografije i petrologije. Rođen je upravo prije 100 godina, a i petrografiji je upravo 100 godina kao egzaktnoj nauci. U tome plodonosnom razdoblju njezina razvitka ističe se među imenima njezinih glavnih pokretača do moderne nauke i ime našega prvog petrologa i mineraloga Miše Kišpatića. On je sagradio ovdje hram mineraloške i petrološke nauke, koji je bio po svojim uspjesima za njegovo vrijeme, a ostao je i dalje, do danas, na istaknutom mjestu među srodnim naučnim zavodima u Evropi i na cijelom slavenskom jugu.

—

Ovo izlaganje ću, kao najmlađi Kišpatićev učenik, završiti riječima, koje je napisao kao moto njegovu životopisu njegov među nama najistaknutiji učenik Fran Tućan: »Mojim đacima, da im Mišo Kišpatić bude uzor čovjeka i naučnog radnika, posvećujem ovu knjigu« (lit. 3). Da, Mišo Kišpatić je ovdje, u tišini drevnoga gornjeg grada, u staroj historijskoj zgradi Narodnog prirodoslovnog muzeja skidao velo tajne sa naših minerala i stijena; tu ih je obasjavala polarizirana svjetlost i um našega Miše Kišpatića, koji je govorio i strogim jezikom naučenjaka, ali i jezikom, koji razumije i naš narod, kome je Kišpatić bio »nepoznati znanac«, jer je kao nenadmašivi popularizator prirodnih nauka čitan širom ne samo Hrvatske, nego i naše cijele Jugoslavije.

A Tućanove riječi »... da im Mišo Kišpatić bude uzor čovjeka i naučnog radnika ...« lijep su amanet generacijama, koje pristižu na naše naučno polje, na kome već nalazimo tako značajne plodove mineraloškog i petrološkog rada Miše Kišpatića i njegovih učenika.

Mineraloško-geološki zavod Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

(Primljeno u sjednici Odjela za prirodne nauke od 22. XI. 1952.)

LITERATURA

1. *Kettner Radim Dr.*, Všeobecná geologie. Část I. Praha 1941.
2. *Boué Ami*, Mineralogisch-geognostisches Detail über einige meiner Reiserouten in der europäischen Türkei. Sitzungsber. d. kais. Akademie. Wien 1870.
3. *Tućan Fran*, Mišo Kišpatić. Rad jugosl. Akad. 238. Zagreb 1929.
4. *Orlov Alex. Dr.*, Učení o horninách, jeho vývoj a dnešní stav (petrografie) Praha.
5. *Sorby H. C.*, On the microscopical structure of the calcareous grit of the York-shire coast. Quart. journ. of the geol. soc. VII. 1851. l. Ovo uzeo iz: F. Zirkel, Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine. Leipzig 1873.
6. *Orlov Alexander Dr. Doc.*, Směry a úkoly novodobé petrografie. Věda prirodni. roč. 14. Čislo 8. Praha 1933.
7. *Vukotinović Lj.*, Abhandlung über die geologische Beschaffenheit des Moslaviner Gebirges. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt. III. Jahrg. Wien 1852.
8. *Vukotinović Lj.*, O moslavačkom granitu i hrastovih u Hrvatskoj. Rad Jug. akad. II., 1868.
9. *Pilar Georges*, Les révolutions de l'écorce du globe. Bruxelles 1869.
10. *Pilar Đuro Dr.*, Grundzüge der Abyssodynamik. Agram 1881.
11. *Kišpatić Mijo*, O postanku poluopala u gleichenberžkom augit-andezitu. Zagreb 1881.
12. *Kišpatić Mijo*, Ueber die Bildung der Halbopale im Augit-Andesit von Gleichenberg. T. M. P. M. Bd. IV. Wien 1882.
13. *Kišpatić Mijo*, Trahiti Fruške gore. Mikroskopičko iztraživanje. Rad Jug. akad. Knj. LXIV. Zagreb 1882.
    Kišpatić M. Dr., Die Trachyte der Fruška gora in Kroatien (Syrmien), Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt. Bd. 32. H. 3. 1882.
14. *Kišpatić M. Dr.*, Olivinski gabro iz Moslavačke gore (hiperstenit). Rad Jug. akad. knj. LXXXIII. Zagreb 1887.
15. *Mojsisovics E.*, Grundlinien der Geologie von Bosnien-Herzegovina. Wien 1880.
16. *Kišpatić Mišo Dr.*, Kristalinsko kamenje serpentinske zone u Bosni. Rad Jug. akad., knj. CXXXIII. Zagreb 1897.
17. *Kišpatić Mišo Dr.*, Die krystallinischen Gesteine der Bosnischen Serpentinzone. Wissensch. Mittheil. aus Bosnien und Herzegowina. VII. Wien 1900.
18. *Kišpatić Mišo Dr.*, Nastavak serpentinske bosanske zone u Hrvatskoj. Rad Jug. akad. knj. 139. Zagreb 1899.
19. *Bowen N. L.*, The Evolution of the Igneous Rocks. Princeton 1928.
20. *Andersen O.*, *Das System* Anorthit-Forsterit-Kieselsäure. Neues Jahrb. f. Mineral. Bl. Bd. 40. 1916.
21. *Tućan Fran*, Lercolit sa Krnde kod Užica i produkti njegove metamorfoze. Rad Jug. akad. Knj. 244. Zagreb 1932.
22. *Pavlović Stojan*, Roches eruptives basiques de Zlatibor (Yougoslavie). Paris 1936.
23. *Tajder Miroslav*, Fiziografija, kemijski sastav i geneza gabroidskog masiva Dren-Boula u južnoj Srbiji. Rad Jug. akad. Knj. 263 (82) 1938.
24. *Mügge O.*, M. Kišpatić: Die krystallinischen Gesteine der Bosnischen Serpentinzone. (Wissensch. Mitth. aus Bosnien und der Herzegowina. 7. 377–484. 1900). Referat.
25. *Wilson G.*, The geology, petrology, and structure of the Brzeće area, Kopaonik Mts, Jugo-Slavia: With a contribution to the problem of alpine tectonics. Geološki anali Balkanskog poluostrva. Knj. XI. Sv. 2. Beograd 1933.
26. *Barth T. F. W.-Korrens C. W.-Eskola P.*, Die Entstehung der Gesteine. Berlin 1939.
27. *Erdmannsdörffer O. H.*, Die Rolle der Endoblastese im Granit. Fortsthritte der Mineralogie. 28. Bd. H. 1. Stuttgart 1950.
28. *Sander B.*, Gefügekunde der Gesteine. Wien 1930.
29. *Burri C. und Niggli P.*, Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens. Erster Hauptteil. Zürich 1945.
30. *Daly R. A.*, Igneous rocks and the depths of the Earth. New York and London 1933.

31. *Ampferer O.* und *Hammer W.*, Ergebnisse der geologischen Forschungsreisen in Westserbien. I. Die basischen Intrusivmassen Westserbiens. Denkschriften. 98. Band. Wien 1923.
32. *Kossmat F.*, Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Die Kriegsschauplätze 1914–1918 geologisch dargestellt. Berlin 1924.
33. *Tajder M.*, Problem pojave kremena u olivinskom bazaltu od Kutjeva. Geološki vjesnik. Sv. 1. Zagreb 1947.
34. *Kišpatić M.*, Eruptivgesteine des Krndija-Gebirges. Glasnik hrv. prirod. društva. XXVIII. 1916.
35. *Andersen O. und Bowen N. L.*, Silikatsysteme mit Erdalkalien. Physikalische Chemie der Silikate von W. Eitel. 2., völl. neubearb. Auflage. 1941. p. 347, 348.
36. *Greig J. W.*, Isti izvor kao i 35.
37. *Milch L.*, Die Systematik der Eruptivgesteine. Erster Teil. Fortschritte der Min., Kristall., und Petrographie. Bd. III. 1913.
38. *Rosenbusch H.*, Über die chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine. Min. und Petr. Mittheilungen. Band 11. 1890.
39. *Loewinson-Lessing J. F.*, Studien über die Eruptivgesteine. Compte-rendu 7. intern. kongr. d. Geol. Uzeo iz L. Milch., Die Systematik d. Eruptivgesteine. Fortschr. d. Min., Krist. und Petrograph Bd. IV. 1914.
    Kritische Beiträge zur Systematik der Eruptivgesteine T. M. P. M. 18. Bd. 1899.
40. *Osann A.*, Versuch einer chemischen Klassifikation der Eruptivgesteine. T. M. P. M. Bd. 19 (1900), Bd. 20 (1901), Bd. 21 (1902).
41. *Cross W. – Iddings J. – Pirsson L. – Washington H.*, Quantitative Classification of Igneous Rocks. 1903.
42. *Johannsen A.*, A Descriptive petrography of the igneous rocks. Volume I. 1931.
43. *Grubenmann-Niggli*, Die Gesteinsmetamorphose I. Berlin 1924.
44. *Milch L.*, Die Systematik der Eruptivgesteine. II. Teil. Fortschritte der Min. Kristall. und Petrographie. Bd. IV. 1914.
45. *Tröger W. E.*, Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Ein Nomenklatur-Kompendium. Berlin 1935.
46. *Tućan F.*, Die Kalksteine und Dolomite des kroatischen Karstgebietes. Geološki anali Balkanskog poluostrva. Tome VI. Fasc. 2. 1911. Beograd.
47. *Tućan F.*, Terra rossa, deren Natur und Entstehung. Neues Jahrhb. s. Min., Geol. und Paläontologie. XXXIV. Beil. Bd. 1912.
48. *Kišpatić M.*, Bauxite des kroatischen Karstes und nhre Entstehung. Neues Jahrb. f. Min. Geol. und Paläontologie. XXXIV. Beil. Bd. 1912.
49. *Karšulin M.*, *Tomić A.*, *Lahodny A.*, Studije o boksitima. Rad Jug. akad. Knj. 276. 1949.
50. *Kišpatić M.*, Der Sand von der Insel Sansego (Susak) bei Lussin und dessen Herkunft. Verhandlungen der. k. k. geol. Reichsanstalt, 1910. Nr. 13.
51. *Kišpatić M.*, Mladje eruptivno kamenje u sjevero-zapadnom dielu Hrvatske. Rad jug. akad. Knj. 177. 1909.
52. *Kišpatić M.*, Kristalinsko kamenje Kalnika. Rad jug. akad. Knj. 200. 1913.
53. *Kišpatić M.*, *Die* Eruptivgesteine und kristallinische Schiefer des Agramer Gebirges. Glasnik hrv. prirod. društva. God XXX. 1918. Zagreb.
54. *Niggli P.*, Probleme der alpinen Gesteinsmetamorphose. Schweizerische Min. und petrograph. Mitteilungen. Band 30. H. 2. 1950.
55. *Kišpatić M.*, Mineraložke bilježke iz Bosne. Rad Jug. akad. Knj. 151. 1902.
56. *Kišpatić M.*, Zagrebački potresi. Godišnje izvješće kraljevske velike realke u Zagrebu koncem školske godine 1879. Zagreb.
57. *Rosenbusch H.*, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Bd. I. 2. Hälfte. Spezieller Teil. V. erweit. Auflage von Dr. O. Mügge. 1927.
58. *de Quervain F.*, Die jungen Eruptivgesteine der pannonischen Senke und ihrer Umrandung. Schweizer. Min. und petrogr. Mitteilungen. Bd. VII. 1927.
59. *Niggli P.*, Gesteins- und Mineralprovinzen. Band I: P. Niggli–P. J. Beger. 1923. Berlin.

ABSTRACT

MIŠO KIŠPATIĆ IN THE LIGHT OF CONTEMPORARY PETROLOGY. (ON THE OCCASION OF THE 100-th ANNIVERSARY OF HIS BIRTHDAY).

In the biography of Mišo Kišpatić, his co-worker for many years Fran Tućan (lit. 3) has shown us the enormous work of this scientist of great originality. He was a man of extremely vast knowledge of natural science, of great personal and social culture and distinctive personality.

Mišo Kišpatić was our first scientific petrographer or petrologist and mineralogist. He was among those Croatian scientists who knew to popularize natural science and to enlighten their people.

Owing to the thorough training which he acquired in Vienna working with the well known mineralogist and petrographer G. Tschermark, Kišpatić worked out the treatiste» Über die Bildung der Halbopale im Augit-Andesit von Gleichenberg« on account of which he was awarded the degree of Doctor of Science in 1881. His habilitation took place already in 1882 after which he was appointed Assistant Professor of Scientific Petrography at the University of Zagreb. During the following 36 years, his name was to be found on the pages of home and foreign periodicals. For all those years he honourably represented his people and his University in the scientific world.

Even in his earliest papers besides the exact determination of mineral constituents Kišpatić makes an attempt to discover, from the reciprocal relation of their form and size, all the physico-chemical principles by which the genesis of rocks can be accounted for.

He published a large treatise on crystalline rocks in the Serpentine region in Bosnia in which he says that the lherzolites, olivine gabbros, amphibolites and pyroxenites are genetically associated. Having made a close examination on the location of their occurrence and minute investigations in his institute, Kišpatić came to the conclusion that »Crystalline rocks in the Serpentine region in Bosnia except diabases and melaphyrs must be classified as crystalline schists and that those belong to the archaic epoch« (lit. 16 and 17). He did not observe in those rocks that regular texture belonging to the eruptive rocks, to feel induced to see the steady order of de crystallisation of mineral constituents. For the reason, that all the mineral constituents of those rocks are of irregular form and overrival and enclose each other, Kišpatić did not classify them as eruptive rocks but as crystalline schists.

If we tried to explain this appearance by means of experimentally reached results of physico-chemical investigations on the two-or poly-component systems, it is very doubtful if we could get at a solution having but one signification.

Among the many known examples of crystallization of laboratory melts there are two significant ones which could serve us to explain the feature of intergrowth of mineral constituents in the rocks of Serpentine region in Bosnia. These are the three-component system of diopside + anorthite + albite and part of the three-component system of forsterite + anorthite + quartz.

The former was investigated by the American petrologist N. L. Bowen (lit. 19) (See fig. 1). If we use this example to explain the texture of the rocks, which were investigated by Kišpatić, we would certainly find the intergrowth of pyroxene and plagioclase, but we would find no zonal structured plagioclase which is typical for this combination of minerals, as it really was the case there.

Let us take the second example in which we shall find just those minerals which could be found in the rocks of Serpentine region of Bosnia. It is the three-component system forsterite + anorthite + quartz. (See fig 2; lit. 20 by O. Andersen).

The difficulty arises when we try to explain the texture of the rocks in the Serpentine region in Bosnia by the second example. For neither are there to be found the binary or ternary eutectics, nor the zonal structured plagioclases necessary for the intergrowth of mineral constituents. The refore, even by this second example we would not succeed in getting at a solution having but one signification.

Finally one has to add and emphasize that all the rocks running from Kalnik, Zagreb Mountains through Croatia, Bosnia, Serbia and Macedonia have everywhere the same textural properties. It would be difficult to assume that they as eruptive rocks on such a large area were of the same genetics i. e. of the same magma which remained undisturbed during the whole process of crystallization. Therefore Kišpatić had a very good reason to come to the conclusion that they were very uncommon and that they could not be classified as eruptive rocks. He was in favour of the opinion that because of their texture, which we could now consider to be similar to the crystalloblastic texture, they cannot be considered either as eruptive or metamorphic rocks but as crystalline schists.

Let us see what the modern petrographers have to say about this matter half a century later in the full swing of the development of petrology.

P. Eskola (lit. 26) is of the opinion that in certain cases of »Mineralfazies« the genetics might be discussed from the same point of view i. e. as eruptive and metamorphic rocks as well. With rocks of the same chemical composition, the mineral composition is the element which decides whether the rocks belong to the »Mineralfazies« of higher or lower temperature.

B. Sander (lit. 28) says that the differences in texture between the eruptive and metamorphic rocks cease under definite conditions.

C. Burri and P. Niggli (lit. 29) consider that the process of gneissification must be taken as primary and consequently the genetics of the gneisses primary as well. Such phenomena are not rare among ophiolitic rocks i. e. peridotites, lherzolites, amphibolites, pyroxenites and olivine gabbros.

Kišpatić considers the amphibolites as primary rocks and also the lherzolites with which they occur in the Serpentine region in Bosnia. Amphibolites have not undergone any change, they are just as they were generated i. e. primary and not the result of any metamorphosis. Kišpatić had already in his time genetically associated them with the lherzolites, olivine gabbros and pyroxenites considering them as one geologic integral which, with respect to the paleozoic rocks he placed in the archaic epoch.

Did not Kišpatić with his hypothesis tackle a new problem in Systematic petrology by considering these rocks neither eruptive nor metamorphic but crystalline schists i. e. as the original, primary and oldest rocks in the lithosphere. His idea of crystalline schists is certainly of great originality. It must be taken into consideration that nowadays we have at our disposal far more theoretical and experimental data for comparative research work than Kišpatić had in his time. Though perhaps in the future, in the light of some irrefutable proofs we may have to revise some of Kišpatić's results this will in no way detract from the merits of his original and unmatched attitude towards this topic of our present day science.

Although far from the centres of the scientific world, Kišpatić wrote also other original works on petrology.

After having studied the quartz in the olivine basalt, found at Lončarski Vis in Slavonia, he came to the conclusion that the quartz although antagonistic to the olivine was a syngenetic mineral with it i. e. in his opinion »autigen« in this basalt.

A very famous petrographer Rosenbusch tried to explain this phenomenon by the assimilation of two magmas, one basic and composed of basalt with the olivine, the other acid with the quartz, thus giving hybrid magmas, from which was developed »dacite-basalt«, both containing antagonistic minerals.

Kišpatić refused to accept Rosenbusch's hypothesis and wrote the following lines on this subject (lit. 33): »Der mehrmals sich wiederholende Wechsel in der Basicität des Feldspathes kann nicht im Verschmelzen zweier Magmen den Ursprung haben«, and he concludes as follows: »Was aber den oft wiederkehrenden Wechsel in der chemischen Zusammensetzung des Magma und somit auch eine Rekurenz im zonalen Bau der Plagioklase verursachen kann, das ist heute schwer zu sagen, ebenso wie es schwer ist zu erklären, wie es in einem basischen

Magma zur Bildung von authigenem Quarz kommen kann. Nur das scheint sicher zu sein, dass sich Quarz auch aus dem basischen Magma ausscheiden kann«.

It is necessary to emphasize that Kišpatić came to the conclusion only by means of microscopic investigations of quartz basalt found at Lončarski Vis, and his conclusions were proved experimentally only some years later.

Let us see what the modern scientists have to say about this interesting question. O. Andersen, N. L. Bowen (lit. 34) and J. W. Greig (lit. 35) studied the two-component system ($MgO + SiO_2$ with the congruent melting point of forsterite at $1890^0 \pm 20^0C$, in the part of the diagram richer in MgO. According to the diagram the absorption of the olivine in the basic eruptive rocks and also the occurrence of the quartz can be explained (See fig. 3). From this experiment we can see that the quartz may first crystallize then be absorbed as are other constituents unless it is »coated« by pyroxene which protects it from complete absorption. This is just the case with the quartz in the basalt of Lončarski Vis. Thus experimental investigations have shown that quartz may be crystallized from the basic solution, from the basic magma, and therefore Kišpatić's hypothesis on »autigen« quartz in the olivine basalt of Lončarski Vis has been proved.

Kišpatić did not only keep abreast but was even in advance of the important scientific problems of his time.

We shall mention still another field of work in petrography in which he was one of the first to explore.

For the sake of better study and classification of igneous rocks, Kišpatić compared their microscopically determinated mineral composition with the quantitative chemical composition of them. He proved his results numerically expressing the mineral composition of rocks in percentage. The principal mineral constituents expressed numerically by Kišpatić in 1881 (See his paper »Über die Bildung der Halbopale im Augit-Andesit von Gleichenberg«) are very much the same as the figures obtained by the CIPW- system (See page 24 of the Crotian text). When we compare the way Kišpatić calculated the mineral composition, the Mode-composition, with the Norm-composition, calculated by the CIPW-system, then we see how original and ingenious he was. For in his days, 70 years ago, the petrochemical principles of the classification of eruptive rocks were unknown.

In any consideration of the originators of the chemical classification of eruptive rocks, Kišpatić must certainly be taken among the first, for it was he who combined the constituent oxides of the minerals from which eruptive rocks are built. up.

After 1900 F. Tućan studied the genesis of limestone and dolomite in the region of Hrvatski Krš (ital. Carso) and discovered that these rocks were primary and that the accessory minerals in them, among others aluminium hydroxides, were authigen minerals. Investigating terra rossa F. Tućan (lit. 45) came to the conclusion that it was iden-

tical with bauxite and Kišpatić who continued the investigations confirmed Tućan's opinion with the following words (lit. 46): »Meine Untersuchungen stimmen vollkommen mit denen von Dr. Tućan über terra rossa überein«. In fact there is no difference in the mineral composition of terra rossa and bauxite and, if there is any, it can be formulated in the following way: bauxite is an old (fossilized) terra rossa and terra rossa is a younger (recent) bauxite. The results obtained by their microscopic and chemical analysis of bauxite are entirely confirmed by the latest Röntgenoscopic investigations and by the method of thermo-analysis as well.

Kišpatić was also studying the younger eruptive rocks of Hrvatsko Zagorje, the crystalline rocks of Kalnik and the eruptive rocks and crystalline schists of the Zagreb Mountains.

He was our first crystallographer as well. He left with us many crystallographic measurements and calculations of the minerals found in different deposits of our country and particularly in those of Bosnia.

Kišpatić was the founder of our seismology. The Yugoslav Academy of Science published three important papers by him on earthquakes, giving the chronological order of nearly two thousand data on earthquakes in our country. Such work requires a man of great perseverence, a scientist who knows how to give a critical account on a scientific basis.

In this summary we have tried to show Kišpatić in the light of contemporary petrology. He was born a hundred years ago, at a time when petrology began to be an exact science. In the rich and fertile period of its development the name of Kišpatić is certainly among those initiators who promoted it to the level of modern science. The institute of petrology and mineralogy which he founded in Zagreb was uniquely successful in his day and has ever since remained outstanding among similar institutions in Europe and southern Slav peoples.

FRAN TUĆAN

NOV PRINOS POZNAVANJU KRISTALASTIH STIJENA MOSLAVAČKE GORE

Moslavačka gora sa svojim kristalastim stijenjem od naročitoga je značenja za nas, a to zato, što je za nju vezan osnutak naše petrografije. Ravno pred stotinu godina pročitao je *F. v. Hauer* u Geološkom državnom zavodu u Beču u sjednici održanoj 13. I. 1852. od *Lj. Vukotinovića* poslati mu sitan prinos o poznavanju geološkoga sastava Moslavačke gore (l. c. 9.). U njemu kaže Vukotinović »Die Centralmasse des ganzen Gebirges besteht aus Gneiss ...«. »Der Gneiss ist deutlich geschichtet und vielfältig von Lagern und Gängen von Granit durchsetzt; gewönlich ist er frei von fremden Beimengungen, nur in der Nähe der Granitgänge enthält er, so wie dieser selbst, nicht selten Turmalin. Schöne durchsichtige Krystalle von Quarz von gelblicher und brauner Farbe (Rauchtopas) finden sich öfters vor ...«. »In dem Rauchtopas finden sich öfters feine nadelartige Turmalinkrystalle. An der westlichen Seite des Gebirges, gerade östlich von Ober-Jelenska, findet sich eine Partie von theils körnigem, theils schiefrigem Diorit, der grünlich oder grau gefärbt ist und oft deutlich ausgeschiedene Krystalle von Amphibol erkennen lässt«. Da potpuni svoju radnju, priložio je Vukotinović malu geološku kartu Moslavačke gore.[1]

To je prva vijest o kristalastom stijenju Moslavačke gore, pa je malo čudno, kako se *M. Kišpatiću*, kome je bio poznat upravo spomenuti Vukotinovićev rad, moglo dogoditi, da u svojoj raspravi o kristalastim stijenama te gore napiše: »Prvi podaci o kristaliničnom kamenju Moslavačke gore potiču od *Heinricha Wolfa*[2]...« (l. c. 3, str. 24), koju je ne-

[1] U mineraloško-petrografskom muzeju u Zagrebu nalazi se originalna Vukotinovićeva geološka karta s njegovim potpisom (na žalost bez datuma) s ovim natpisom: Kamenospisna slika gore moslavačke – Petrographisches Bild des Moslaviner Gebirges.

[2] Tu svoju tvrdnju obara Kišpatić sam, kad kaže: »Nadalje spominje ovdje Wolf dioritne kruglje, što ih je *Ljudevit Vukotinović* kod Jelenske pod Kolčenicom našao ....« (l. c. 3, str. 25).

ispravnu konstataciju od riječi do riječi prenio *F. Koch* u svoj rad o geološkom poznavanju iste gore (l. c. 5, str. 1). Jer gotovo punih 10 godina (t. j. ljeti 1861. g.) poslije objavljenoga Vukotinovićeva članka o »geološkom sastavu Moslavačke gore« zašao je H. Wolf u tu goru, za koju kaže, da »...besteht in seiner östlichen Hälfte aus Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer und Gneiss, in seiner westlichen Hälfte aber aus feinkörnigen Granit...«

»Ein gleichförmiges Gemenge von weissem und schwarzem Glimmer, von Orthoklas und Quarz, bedingt seine blaugraue Färbung und macht ihn geeignet zu Bildhauerarbeiten und monumentalen Bauten...«

»Im Vrtlinska-Steinbruch wird dieser Granit durchsetzt von einem klafterfmächtigen Gang von Schriftgranit, mit grossen Turmalinkrystallen.«

»Von Eruptivgesteinen erscheinen im Moslavina-Gebirge der von Hrn. v. *Vukotinović* beschriebene Diorit, dann grosse Blöcke von Hypersthenfels, welche in dem Graben, nördlich bei Miklonska (mora biti Mikleuška) zahlreich zu finden sind« (l. c. 11). To je sve, što kaže Wolf o kristalastim stijenama Moslavačke gore; dakle ništa novo (osim hiperstenita), što već nije rekao Vukotinović.

Vukotinović se još jednom osvrnuo na kristalinično stijenje Moslavačke gore, i to g. 1867. u svojoj radnji »O moslavačkom granitu i hrastovih u Hrvatskoj« (l. c. 10). Tu se osvrće nešto malo i na mineralni sastav granita i spominje u njemu među ostalim, što je vrlo zanimljivo, i jedan dosta rijedak mineral u granitima – *andaluzit*. Ja bih nešto potanje naveo razlaganja Vukotinovićeva, da se lakše uoči, kako je to bio vanredan zapažač pri rješavanju geoloških problema, naročito u pitanju genetičke veze između moslavačkog granita i granita slavonskog gorja – Crnoga Vrha, Papuka, Krndije i Psunja.

Ističući osobine moslavačkog kristalastog stijenja kaže »...*Granit, ili žulja, ili zrnik* ne sadržava u sebi niti ostanaka bilinskih niti životinjskih, te se zato broji među prvorodne proizvodnine anorganičkoga svieta. Njegove su sastavine trovrsne: najme bjelutak (Quarz), listnik[3] (živac, Feldspath) i tinjac (ljuska, Glimmer)...«

»....Gora Moslavačka sastoji se uopće iz rulje ili Gneissa.... Među Gneissom imade tu, kao što obično biva, granita na pojedinih mjestih, koj kao pojedini ster, ili sterali (Lager) leži. Koliko je meni poznato, imade u Moslavini samo granita od smjesi sitnozrnate i boje jasnosive; u toj smjesi imade granita tako sitna, da se većom stranom niti ne može vidjeti prostim očima; otuda mu ipak njeka lahka muka bliedocrvenkasta,[4] koja mu povisuje ljepotu. Budući da neima u moslavačkom granitu nikakovih željeznih čestica, to se na njem nemože ni rđa pojaviti, koja drugačije čini granit nečistim.«

[3] Tako on zove i amfibol; vidi malo dalje!

[4] Na ovo zapažanje Vukotinovićevo primjećuje Kišpatić: »Značajno je svakako, što je akademiku prvomu udarilo u oči blieda crvenkasta boja granita, ako ga čovjek pomnije pogleda, jer ta crvenkasta boja potiče od vrlo značajne i zanimive sastavine granita, naime od crvenkasta andaluzita, koji se inače vrlo riedko u granitih nalazi« (l. c. 3, pag. 25).

»U ostalom je granit moslavački, ma koliko do sada znamo, siromašan, t. j. ne sadržava u sebi drugih minerala, kako to obično dolazi. Škoril (Turmalin) i smeđi ili mrki bjelutak – Rauchtopas jedini su minerali, koje sam opaziti mogao. Škoril je crn, dakle od najmanje valjane vrsti, niti nije velik, dočim od mrkih prozračnih bjelutaka imade liepih povećih komada, da i pravilnih kristala od rombičnih pyramida...«

»U Mikloškom jarku, gdje se ide iz Gornje Jelenske na brieg Kolčenica zvan, ondje se vide velike pećine zelenika (Diorita), u njem imade mnogo zelenoga listnika[5] (Hornblende). Kamen je ovaj veoma tvrd, sadržava u sebi mnogo željeza. Gora moslavačka veoma interesantna je već i zato, što sama stoji kao plutonski proizvod među ravnicama blizu Save rieke i drugih mladih brdina, gdje obično drugdje Gneiss i granit samo posred najvišijih planina ima mjesto svoje. Nu ako se ipak okolnosti moslavačkih gora granitskih pobliže motre, bi se moglo zaključiti, da ova granitova formacija ili nije u visinu prodrla poput drugih granita, ili da su savske ravnice njekoč vrlo duboko ležale i kašnje tek novijimi poplavinami ili muljem pokrite bile. Nemože se u ostalom dvojiti da nije gora moslavačka podzemnim vezom skopčana s velikimi bregovi granitskimi, koji se okolo *Velike* i *Kutjeva* u Slavoniji pokazuju, te se tako zbilja samo kao ogranak slavonskih bregova plutonskih držati može.«

U doba, kada se Vukotinović dao na petrografska istraživanja Moslavačke gore, metoda toga istraživanja mineralnih sastavaka na osnovi njihovih optičkih svojstava, pa proučavanje strukture stijena nije bilo tada još uvedeno u petrografiju, iako je polarizacijski mikroskop bio već konstruiran; petrografija je bila još uvijek opisna nauka. I baš u početku pedesetih godina prošloga stoljeća (dakle u doba Vukotinovićeva rada) prvi put je upotrebljen polarizacijski mikroskop za proučavanje mineralnoga sastava i strukture stijena, a upotrebio ga je 1850. godine engleski petrograf H. C. Sorby (vidi ovaj Rad str. 7). Ne smijemo se zato čuditi, što su podaci o mineralnom sastavu i strukturi kristalastih stijena Moslavačke gore, koje je Vukotinović proučavao, vrlo oskudni, baš kao što su oskudni, kako smo vidjeli, i kod H. Wolfa. A oskudni su oni i kod *Đure Pilara*, koji je također raspravljao o moslavačkom granitu (l. c. 7, str. 208) ističući naročito njegovu veliku trošnost. Pilar kaže, da je granit, »u kojem je uklopljen pegmatit, sitna zrna i nejednako bogat plagioklazom i biotitom. Granit je jako trošan i prhak, i veoma je težko jedrih i za ornamentalne i arhitektoničke svrhe prikladnih monolita dobiti. Konačni proizvod mu je neka tinjasta pjeskulja, u kojoj nebi u prvi mah naslućivao prvobitni granit. Većina brežuljaka oko kristalne jezgre sastoji se od praporastih proizvoda iztrošena granita, koji su u dolnjih svojih djelovih valutasti, te sadržavaju one rude, koje su ispunjavale prvobitni granit i pegmatit«.

Moslavački granit istraživao je u izbruscima pod mikroskopom *E. Cohen* (l. c. 1), i to pri proučavanju granitskih uzoraka iz petrografske zbirke u Strassburgu; to je bio »mittelkörniger Biotitgranit von Ro-

[5] Vidi opasku 1 na str. 1.

chesson, Dep. Vosges; Biotitgranit, reich an faserigem (mikroperthitischem) Orthoklas von Moslawina, Croatien (hier in besonders schönen und grossen Individuen); Granit von Rauhmünzach im Schwarzwald; feinkörniger Turmalingranit mit etwas Biotit und Muscovit... bei Laach unweit Weiler in den Vogesen«. U svim tima uzorcima utvrdio je Cohen među ostalim mineralnim sastavcima i andaluzit. To bi bila prva vijest o utvrđivanju andaluzita u moslavačkom granitu na osnovi optičkoga istraživanja i time nesumnjivo potvrđeno Vukotinovićevo zapažanje toga crvenkastoga minerala, od koga potječe granitu »njeka lahka muka bliedocrvenkasta, koja mu povisuje ljepotu«.[6]

Svi ovi dosad navedeni podaci samo su sitne bilješke, koje se odnose najviše na gnajs i granit Moslavačke gore, a potječu uglavnom iz doba, kada je petrografija bila, kako je već rečeno, tek pusta opisna nauka, pa je jasno, što iz njih možemo malo što saznati o petrografskom sastavu te gore, o njenim kristalastim stijenama. To saznanje dat će nam petrografska istraživanja *Miše Kišpatića*, koji je nekoliko puta obilazio Moslavačku goru sabirajući u njoj stjenoviti materijal, da ga istraži novim metodama, kristalooptičkim pomoću polarizacijskoga mikroskopa. Prvi rezultat toga njegova rada je rasprava o olivinskom gabru (l. c. 2). Ta vrsta stijene, za koju on kaže da je »po vanjskom licu i mineraložkom sastavu nedvojbeno najljepši i najzanimljiviji kamen Moslavačke gore« (str. 165), nalazi se u obliku velikih valutica u Mikleuškom jarku. Na te valutice prvi je naišao H. Wolf, pa kaže za njih, da se javljaju u velikim blokovima i da su mnogobrojne. Od njih je poslao uzorke F. Zirkelu, da mu ih odredi; i on ih je odredio kao »Hypersthenfels« ili hiperstenit, dosta rijetku stijenu iz grupe gabra, koja je po njegovim istraživanjima sastavljena uglavnom od labradora i hiperstena uz nešto malo sitnoga zrnja pirita i još manje troskastoga titanskoga magnetita (l. c. 11). Svojim kristalooptičkim metodama u izbruscima pod mikroskopom Kišpatić je utvrdio, da su te valutice olivinski gabro, jer je u njima našao kao bitan mineralni sastavak olivin, koji Zirkel uopće i ne spominje. Glinenac se razvio u tom gabru kao labrador, kako je to i Zirkel odredio, ali piroksen, kao glavni sastavak, nije rompski, hipersten, nego monoklinski, dijalag, dok se hipersten javlja kao sporedni sastavak, i to u vrlo maloj količini. Još je u tim valuticama našao Kišpatić amfibol, koji Zirkel nikako ne spominje. U nekim je valuticama taj amfibol nešto obilniji od hiperstena, a u nekima ga je toliko, da je između mineralnih sastavaka najobilniji. Još se u tim valuticama nalazi ponegdje nešto malo biotita i pirita, pa klorita, koji je proizvod metamorfoze.

Već u ovom prvom radu o kristalastim stijenama Moslavačke gore Kišpatić se ispoljava kao petrolog ne ostajući samo pri njihovu opisu, nego rješava i pitanja postanka minerala u njima i postanka tih samih stijena. Tako objašnjava pojavu amfibola u olivinskom gabru ističući,

[6] Andaluzit u moslavačkom granitu odredio je optičkim putem M. Kišpatić još 1887. god., dakle 8 godina prije Cohena, pa je izvršio i kemijsku analizu toga minerala, ali je Kišpatić svoj rad o kristalastim stijenama objelodanio tek 1889. god., dakle 2 godine poslije Cohena (l. c. 3, str. 26 i 28).

da je to sekundaran mineral, koji je postao (bjeličasti amfibol) »međusobnim utjecajem olivina i labradora. Sav ostali, *smeđi amfibol postao je dielom iz dijalaga dielom iz hiperstena*«.

A što se tiče postanka gabra, Kišpatić ga ne smatra za eruptivnu stijenu, nego ga svrstava u kristalaste škriljce. Kako je naime u blizini gabrovih valutica našao i jednu valuticu gnajsa, u kome se uz obične mineralne sastavke javlja još i piroksen, drži, da taj piroksenski gnajs čini prijelaz u gabro. »Ja nisam svoja istraživanja o gnajsu moslavačkom još dovršio, a nastojati ću, da još jednom točnije pretražim Moslavačku goru, pa će mi možda poći za rukom, da nađem boljih i sigurnijih dokaza, da je moslavački gabro članom ondašnje formacije gnajsa« (l. c. 2, pag. 178).

Ti bolji i sigurniji dokazi bili bi, nema sumnje, nalazi gabra na njegovu iskonskom položaju, iz čega bi se moglo zaključiti i na njegov odnos prema gnajsu, odnosno na njegovu genetičku vezu s tom stijenom. Kišpatić je u nekoliko puta obilazio Moslavačku goru, da prouči njeno kristalasto stijenje, ali se na iskonsko ležište gabra nije mogao nikako namjeriti, kako to sam ističe u svojoj raspravi »Kristalinični trup Moslavačke gore« (l. c. 3, str. 50), pa tek ljeti g. 1897., kada je nešto dulje boravio u toj gori, namjerio se na iskonsko ležište olivinskoga gabra u Suhajici potoku i na njegove valutice u Koprivničkom jarku sve u oblasti gnajsa (l. c. 5, str. 10).

O tom iskonskom ležištu olivinskoga gabra kaže F. Koch: »Uđemo li kod Suhaje u dolinu potoka Velika Suhajica, to ćemo ponajprije naići na granit, a zatim na gnajs. U gnajsu nailazimo dalje gore na debelu naslagu vrlo svježa olivinskoga gabra, koji pokriva 50 cm debelu žilu gnajsa, a pod ovim leži opet olivinski gabro i pod njim opet gnajs ... Ondje, gdje se jarak, koji dijeli Vis od Čabranjskoga druma, sastaje kod kote 139 sa Suhajicom, nalazimo u potoku poprieko položenu debelu naslagu zrnata, znatno raztrošena gnajsa, a na ovomu leži vrlo liepo izšaran krupnozrn olivinski gabro, koji je svakako najljepši gabro Moslavačke gore, te se svojom strukturom očituje članom kristalinih škriljavaca ... Dalje uz potok dolazi iza gnajsa još jedanput olivinski gabro, a zatim ga više ne nalazimo u ovom potoku.« Odnose, što postoje između gnajsa i olivinskoga gabra, prikazao je F. Koch crtežem geološkoga profila, koji je prenio u Tumač geologijske karte Ivanić Kloštar –Moslavina (l. c. 5, str. 7). S tim je potkrijepljeno mišljenje M. Kišpatića o genetskoj vezi između gnajsa i gabra.

U jednoj svojoj kasnijoj raspravi (l. c. 3) Kišpatić je podvrgao istraživanju i druge kristalaste stijene Moslavačke gore, pa ističe, da se »gotovo tri četvrtine ciele gore sastoji od kristaliničnoga kamenja. To kamenje bilo je doduše u glavnih crtah poznato, znalo se je, da trup gore sastoji od granita, gnajsa, tinjčeva škriljavca i amfibolita, a navodio se je i hiperstenit i diorit, a od svega toga kamenja obazirali su se geolozi jedino na granit, dočim ostalo kamenje nije do sada bilo točnije opisano i iztraženo. Najglavnija iztraživanja, koja spominju kristalinično kamenje Moslavačke gore, bavila su se poglavito makroskop-

skim opredieljenjem, pa je već ta okolnost bila dovoljna, da me prinuka, da si u gori sakupim potrebiti petrografski materijal, pa da ga mikroskopski pregledam, a ova će razprava pokazati, da je taj podhvat bio nuždan i opravdan« (l. c. 3, str. 24).

A taj pothvat bio je zaista nuždan i opravdan, jer nam je dao jasnu sliku petrografskoga sastava Moslavačke gore. Svojim mikroskopskim istraživanjima Kišpatić nas je upoznao s onim mineralima, što sastavljaju tamošnje kristalaste stijene, s njihovom strukturom i metamorfozama, pa i s njihovom genezom, te je utvrdio, da su se te stijene razvile kao andaluzitski i obični granit, kao biotitski, muskovitski i dvoliskunski (dvotinjčasti) gnajs, u sastav kojega ulazi gdješto salit i hipersten; kao biotitski škriljci, koji »se oslanjaju na biotitske gnajse, pa i nisu ništa drugo nego gnajsi, u kojih je glinenac većim dielom izčeznuo« (l. c. 3, str. 41); negdje je u sastav tih škriljaca ušao salit i augit, a taj je salit »vrlo zanimiv pojav, jer nam on dovodi gnajse i tinjčeve škriljavce u savez sa salitnim amfiboliti i olivinskimi gabri Moslavačke gore« (l. c. 3, str. 42). Amfiboliti razvili su se gotovo svi kao salitski amfiboliti, pa uz salit sadržavaju i prosti amfibol, a javlja se i aktinolitski škriljac, u kome se nalazi »nova jedna vrst aktinolita, koja bi možda zavriedila, da se novim imenom okrsti« (l. c. 3, str. 49).

Među mineralnim sastavcima kristalastih stijena našao je Kišpatić svojim mikroskopskim istraživanjima: kremen, ortoklas, mikropertit, oligoklas, labrador, biotit, augit, salit, dijalag, hipersten, prosti amfibol, jednu novu vrstu aktinolita, andaluzit, klorit, turmalin, granat, titanit, apatit, cirkon, rutil, pirit.

Gotovo svi istraživači moslavačkoga granita spominju u njemu pegmatitske žile (žice); spominje ih dakako i Kišpatić, pa među ostalim kaže: »Zadaća ove moje razprave i nije napokon bila, da idem iztraživati genetički odnošaj granitnih žica prema granitu. Posao je to, koji zahtieva poseban rad. Da se dokaže, da su te žice postale lateralnim izlučivanjem iz granita, ili kojim drugim načinom, morao bi se napraviti cio niz analiza, ne samo od granita i granitne žice, nego i od pojedinih sastavnih dielova jednog i drugoga kamena« (l. c. 3, str. 33). Taj je posao povjerio Kišpatić jednom svome učeniku, koji je pokušao objasniti postanak tih žila lateralnom sekrecijom (vidi o tome l. c. 8).

1. OBIČNI GABRO

Kišpatić (a isto tako i Koch) namjerili su se u Moslavačkoj gori samo na olivinski gabro; no u toj gori pojavljuje se i *obični gabro*, t. j. onaj, u kome uopće nema olivina. Na takav sam gabro naišao 1946. god., kad sam obilazio kamenolome granita ispod sela Podgarića s desne strane Podgarićkog potoka, t. j. između ušća potočića Hajdučki jarak i potočića Zorovac u Podgarićki potok, i to u Hajdučkom jarku. Idući uz potočić Veliki Zorovac i Kamenac može se čovjek namjeriti na po-

koju oveću valuticu vrlo svježa gabra. Tu je na desnoj strani Kamenca, a u neposrednoj blizini kuće s lijeve strane toga potočića, ležao duboko u zemlji uvaljen uz samu obalu zaobljeni monolit gabra, koji su iskopali, da ga upotrebe u klesarske svrhe. Od njega sam uzeo uzorke za mikroskopska istraživanja.

To je zrnati gabro, a vrlo je žilav, pa se teško lomi. Golim okom razabiraju se u njem blistavi okrupni individui dijalaga, koji daju kamenu mrkosivu boju; između njih zapažaju se sitnija bjeličasta zrnca glinenca; pod lupom se vidi, da su staklasta sjaja blistajući na plohi kalavosti. Na izbrušenim i poliranim komadima ta se bjeličasta zrnca još jače ističu dajući im šaroliki izgled. Ponegdje se vidi i sićušno zrnce pirita jaka metalna sjaja i karakteristične žute boje.

U izbrusku pod mikroskopom utvrđeni su labrador, dijalag, amfibol i biotit kao glavni, a ilmenit i pirit kao sporedni sastavci.

Labrador je najobilniji mineralni sastavak. Razvio se, dakako, u polisintetskim sraslacima, najviše albitskima, kojima se češće priključuju lamele po periklinskome zakonu. Vidi se u ovećim oduljenim kristaloidima, negdje prizmatskoga, a negdje pločasta, oširoka habita, pa, iako rijetko, u nepravilnom zrnju. Pomrače poneki nejednoliko – valovito. Zadire zubičasto u dijalag, amfibol i biotit. Negdje se možemo namjeriti na idiomorfno razvijeni labrador, koji sa svojim terminalnim plohama zalazi u dijalag. Isto tako zalaze i pojedini labradorski individui jedni u druge. Negdje se nađe amfibola i labradora, gdje se među sobom samo dotiču sa svojim ravnim kristalnim obrisima paralelno u smjeru albitskih lamela.

Vrlo je svjež. Većim dijelom je gusto natrunjen kao nekim finim prahom, koji se vidi kao slabašan mutež, što je zapremio središnje dijelove labradora, dok su dijelovi prema rubu posve čisti. Uz povećanje od 500 puta zapaža se, da taj slabašni mutež potječe od mnogih vanredno sićušnih crnih zrnaca, koja su nepravilno rasuta, pa samo ponegdje, i to rijetko, nađe se da su poređana u paralelne nizove. Među tim mnogobrojnim zrncima nalazi se mnogo sitnih, crnih vrlo uzanih kratkih štapića nerijetko poređanih u paralelne nizove, od kojih teku jedni paralelno smjerom albitskih lamela ili smjerom pukotina kalavosti, drugi okomito na taj smjer, a treći koso između ta dva smjera.[7] Čovjek lako dođe na misao, da bi ti sitni štapići mogli biti možda mikroliti rutila. Od uklopaka nađe se još biotita, u obliku lamela i sitnih kristalića prizmatski oduljenih s obrisima od (110) i (010), zatim amfibola, od koga je zapažen i jedan sićušan kristalić s obrisima od (110), pa ilmenita i pirita, a i samoga labradora.

[7] Kišpatić također spominje u labradoru olivinskoga gabra iz Mikleuškoga jarka uklopke sad duljih, sad kraćih iglica, što »se redaju uviek u pravilne ravne redove, koji paralelno u ledcu teku. Kako se plagioklasi u izbrusku prikazuju u raznih prerezih, tako imadu i ti redovi prema sraslačkim lamelam razne kutove (15^0, 30^0, 45^0)«. Za razliku od uklopaka u labradoru podgarićkoga gabra ti uklopci »nisu nikada neprozirni ni crni, nego su uviek posve providni i prosievaju slabom žućkastom bojom« (l. c. 2, str. 167).

Istraživanjima na teodolitskom mikroskopu Fedorovljevom metodom[8] utvrđeno je, da glinenac pripada u grupu *labradora* (labratovnita), kako se to razabira iz ovih podataka:

$$2V = -74^0.$$

$B_{1,2}$	$33^1/_4{}^0$;	$61^1/_2{}^0$;	$71^1/_3{}^0$;	$\perp (010) = 62\%$ an;	2^0 SW.
$L_1 = S =$	$56^1/_2{}^0$;	46^0;	$60^1/_4{}^0$;	$\perp (001) = 58\%$ an;	3^0 NW.
				$RS = 61\%$ an;	5^0 NW.

To je sraslac po albitskom zakonu. U jednom individuu uložene su lamele po periklinskom zakonu. Po sraslačkoj osi albitskoga zakona izlazi 62% an, po rompskom presjeku 61% an, po slaboj kalavosti smjerom (001) 58% an.

Na jednom drugom zrnu dobiveni su ovi podaci:

$$2V = +83^1/_2{}^0.$$

$D_{1,2}$	$54^3/_4{}^0$;	46^0;	63^0;	$\perp (001) = 58\%$ an;	
				ili $RS = 60\%$ an;	$1^1/_2{}^0$ NW.
L	$32^1/_4{}^0$;	$64^1/_2{}^0$;	$73^1/_2{}^0$;	$\perp (010) = 60\%$ an;	—.

Tu je sastav određen po lamelama uloženima po albitskom zakonu i dobiveno je 60% an. Po jednom šavu uložen je još jedan individuum, koji se nije dao mjeriti, jer je malen. Ako taj šav shvatimo kao (001), tad izlazi za sastav 58% an; ako ga shvatimo kao rompski presjek, tad izlazi 60% an.

Dijalag se javlja u krupnim nepravilnim individuima, koji su slabašno crvenkaste boje puti s uočljivim pleohroizmom između blijedosmeđaste boje s lakim prisjenkom u crvenkastu boju puti, i muzgavobjeličaste sa slabim smeđastim prisjenkom. Ima ovako obojenih individuuma, koji su (naročito na krajevima) sastavljeni od bezbojnih dijelova, a nađe se i poneko zrno, koje je čitavo bezbojno. Uklapa opâke sitne igličaste mikrolite (ilmenita?), koji su poređani u obliku tananih crta u gusto zbijene paralelne nizove; negdje je prepun i sitnih opâkih zrnaca. Dosta su česti uklopci labradora; jedni su od njih kratko stubićasti, jedni prutićasti, neki oširoki i prizmatski oduljeni, a neki nepravilna zrna. Kod nekih su prizmatski i terminalni obrisi ravne crte; na jednom stubićastom individuu zapaža se djelovanje korozije. Redovno su ovijeni vrlo uzanim crnim ovojem, a taj je opet ovijen uskim ovojem amfibola. Nalaze se u njemu još uklopci biotita, negdje kao kratke lamele, pa kao smeđasti listići sad oduljeni, sad malo skraćeni, pa čak četvrtasti, a na nekima se može zapaziti nešto malo od heksagonskih obrisa; kadikad su ti listići poređani paralelno. Kako često graniči sa smeđim amfibolom, zalazi taj u njega, pa se u obliku žila provlači kroza nj; ali ima amfibolskih uklopaka, što slobodno leže u dijalagu,

[8] Sva istraživanja na teodolitskom mikroskopu izvršio je prof. *Lj. Barić*, pa mu na toj saradnji i ovom prilikom mnogo zahvaljujem.

pa kao da su istodobno s njim rasli, zalaze u nj zubičasto. Vrlo su česti uklopci ilmenita s nazubljenim i krpastim obrisima, a možemo se namjeriti i na poneki heksagonski kristalić pirita.

Već pri govoru o labradoru rečeno je, kako taj mineral zadire zubičasto u dijalag, ali jednako zalazi i dijalag u labrador; isto tako vidi se njegovo zadiranje u biotit, pa međusobno zubičasto zadiranje dijalaga u dijalag.

Dijalag je pretrpio znatnu metamorfozu: prešao je negdje više, negdje manje u amfibol. Metamorfoza počinje od periferije prema središnjim dijelovima, pa je kod nekih individua toliko napredovala, da je od dijalaga ostao samo središnji dio kao jezgra. To je prutićasti, pa negdje i vlaknati amfibol, sad modrušastozelen, sad smeđ, pa bezbojan.

Istraživanjem optičkih svojstava dijalaga na teodolitskom mikroskopu utvrđeno je na jednom njegovu sraslacu, da je kod jednoga sraslačkoga individua kut optičke osi $2V = +55^0$, a kut pomračenja $c \wedge Ng = 36^3/_4{}^0$; kod drugoga je $2V = +54^0$, $c \wedge Ng = 38^0$. Individuum 1 i 2 srasli su po zakonu, gdje je sraslačka os okomica na (100). N_m (β) obaju pojedinaca padaju zajedno. Uz kalavost po (110) zapaža se lučenje smjerom (100), kojega je okomica, kako je spomenuto, sraslačka os. Na jednom drugom individuu dijalaga određen je $2V = +57^0$ i kut pomračenja $c \wedge Ng = 38^0$; na trećem $2V = +52^0$, $c \wedge Ng = 34^0$; na četvrtom $c \wedge Ng = 36^0$.

Amfibol je dvovrstan i vrlo rasprostranjen. Jedna vrsta je očito sekundarna; postala je, kako je malo prije rečeno, metamorfozom iz dijalaga. To su prutićasti agregati, koji se ponegdje pričinjaju kao kompaktni, cjeloviti individui, ali uz veće povećanje (od 500 puta) jasno se raspoznaje njihova vlaknata struktura. Ima ih bezbojnih, slabosmeđih, bjeličastosmeđih, modrušastih, sivkasto i zelenkastomodrušastih. Te boje nisu jednolično rasprostranjene. Sad se okupljaju uz periferiju agregata, sad je opet obojen samo jedan dio periferije, dok je drugi bezbojan, a negdje se javljaju po unutrašnjosti agregata kao pjege. Kod nekih je pleohroizam uočljiv: ∥ duljini prutića blijedomodar, ⊥ na to sivkastozelenkast, ili ∥ duljini prutića modrušast, ⊥ na to blijedosmeđast; kod nekih prilično slab, a kod nekih ga i nema. Kut pomračenja agregatnih vlakanaca koleba između 10^0 do 19^0.

Kao uklopci nalaze se u tim prutićastim i vlaknatim agregatima nepravilna zrna labradora, nešto malo ilmenita, poneka lamela i listić biotita, pa sićušni crni kratki štapići i crne iglice poređane paralelno smjeru prutića i vlakanaca amfibola, zatim sićušna crna zrnca, od kojih neka leže u smjeru okomitom na smjer štapića i iglica.

Druga je vrsta amfibola onaj u smeđoj boji, kojom (kao i svojim pleohroizmom) jako naliči na biotit. Javlja se u krpastim kompaktnim individuima, negdje oštro odijeljenim od dijalaga, u koji je zašao tako, kao da ga uklapa. Ponegdje zadire zubičasto u dijalag, ali je od njega oštro oivičen, pa u labrador, biotit i međusobno: jedan amfibol i drugi. Ako ovakve smeđe kompaktne amfibole promatramo uz veće povećanje (od 500 puta), razabiramo, kako to nisu jednoviti individui, nego agregati paralelno poređanih vlakanaca međusobno gusto zbijenih.

I ako se u izbrusku može naći smeđega amfibola, koji je u dodiru s dijalagom oštro od njega odijeljen, ima njega i takvoga, gdje te oštre granice između jednoga i drugoga minerala nema; u smeđem, naime, amfibolu zapažaju se dijelovi dijalaga, kojega se pukotine od lučenja podudaraju s pukotinama, kojih ima nešto malo u amfibolu, pa se čini, kao da je taj uloženi dijalag ostatak od njegove metamorfoze. Istina, nađe se uložena dijalaga u smeđem amfibolu, gdje su pukotine prvoga u posve drugom položaju od onih kod amfibola. Ali ima posve svježa dijalaga, u kome se sredinom s jednoga kraja na drugi proteže ne baš široki dio sastavljen od smeđega amfibola tako, da prutanja od lučenja u dijalagu prolaze bez prekida kroz amfibol, što bi svjedočilo za metamorfozu toga dijalaga u amfibol. Negdje ćemo naći, gdje se smeđi amfibol provlači dijalagom kao žila jasno oivičena prema tome mineralu.

Amfibol nije uvijek jednolično smeđ; nađe se u njemu dijelova, koji su sastavljeni od bezbojnih prutića, pa česti, što su modrušaste. Od uklopaka nalazi se u njemu labrador u prutićastom obliku i u nepravilnom zrnju, koje je ponegdje od korozije zaobljeno i ovijeno uskim pojasom, a taj je sastavljen od sićušnih anizotropskih zrnaca. Nađe se i poneki listić ili lamela biotita, pa zrna ilmenita s negdje više negdje manje izraženim zubičastim obrisima. Ima ga i takvoga, koji je prepun crnoga zrnja, što se poređalo u paralelne nizove; uz veliko povećanje (od 500 puta) razabira se, da su to sićušni muzgavosmeđi listići biotita, pa uzani prutići, od kojih neki imaju nazubljene obrise (ilmenit); poređani su narijetko u paralelne nizove; zatim su tu još sićušna crna zrnca, na kojima se zapažaju ponegdje obrisi razvučenoga heksagonskoga kristalića.

Istraživanjem smeđega amfibola na teodolitskom mikroskopu nađeno je na jednom zrnu, da mu je kut optičkih osi $2V=90^0$; kut pomračenja $c \wedge Ng=19^0$; pleohroizam: $\parallel Ng$ = zelenkastosmeđ, $\parallel N_m$ = crvenkastosmeđ, $\parallel N_p$ = smeđast. Na drugom zrnu $2V = -85^0$, $c \wedge Ng = 18^0$; na trećem zrnu $c \wedge Ng = 15\,^1/_4{}^0$, pleohroizam: $\parallel Ng$ = intenzivnosmeđ, $\parallel N_p$ = svijetlosmeđast; na četvrtom zrnu $2V = -85\,^1/_2{}^0$, $c \wedge Ng = 14^0$, kut obiju ploha kalavosti $=124^0$; na petom zrnu $2V = -89^0$, $c \wedge Ng = 18\,^1/_2{}^0$.

Po svojim optičkim svojstvima obje vrste amfibola pripadaju u aktinolitsku grupu.

Pojava amfibola u ovom gabru ispod Podgarića nešto je drugačija negoli u olivinskom gabru iz Mikleuškoga jarka. Tamo je Kišpatić mikroskopskim istraživanjem utvrdio, da amfibol »sačinjava uzke pojase, koji obuhvaćaju olivin, dialag, a gdješto i pirit« ... »Boje je uvjek smeđe, a nikada zelene« (l. c. 2, p. 170) ... »Rude, što se u pojas hvataju, jesu ovdje amfibol, hipersten, klorit i napokon sam dialag, no među svimi rudami je amfibol najobilniji« (l. c. 2, p. 171). U jednoj valutici osrednjega zrna utvrdio je Kišpatić, da je u njoj među mineralnim sastavcima amfibol najobilniji. »Boje je žuto-smeđe, kalavosti dobre i vrlo jaka pleohroizma. Obično dolazi u savezu sa dialagom, hiperstenom i olivinom« (l. c. 2, p. 176).

Što se tiče postanka samoga amfibola u gabru ispod Podgarića, pa bio on i smeđ, vezan je taj postanak, kako se to razabira iz prikaza o njegovu odnosu prema dijalagu, za metamorfozu (uralitizaciju) toga minerala, pa bi se tako potvrdilo Kišpatićevo mišljenje o sekundarnom porijeklu i amfibola u moslavačkom olivinskom gabru (l. c. 2, p. 177 i 178).

Biotit. Dok je taj mineral u moslavačkom olivinskom gabru vrlo rijedak sastavak (Kišpatić ga je našao samo u jednom uzorku, i to u tri lista, koji su posve opkoljeni amfibolom, l. c. 2, p. 176), dotle je on, uz labrador, dijalag i amfibol, glavni mineralni sastavak podgarićkoga gabra, iako količinom zaostaje iza prva tri navedena minerala. Razvio se u krupnijim i sitnijim individuumima, na kojima se u zgodnim prerezima vidi njegova savršena kalavost u obliku uzanih paralelnih prutanja, uz koja dakako, paralelno pomrači. Ima ga, gdje se od kalanja raspao u uske lamele, koje su na kraju raščehane u vlakanca. Na baznim listovima mogao se utvrditi njegov optički negativni karakter i jednoosnost. Boje je crvenosmeđe do mrkosmeđe s jakim pleohroizmom, i to u smjeru paralelnom pukotinama kalavosti crvenosmeđ ili mrkosmeđ, okomito na to žućkastosmeđ. Kod nekih se vidi, kako zadire u labrador, a taj sa svoje strane zalazi duboko u njega, pa i u dijalag i amfibol, tako da su među sobom zubičasto povezani; zadire u biotit i ilmenit. Javlja se uklopljen u labradoru, dijalagu i amfibolu, a sam uklapa nešto malo dijalaga i ilmenit.

Ilmenit. Ni Kišpatić, ni Zirkel ne spominju u moslavačkom olivinskom gabru ilmenita. Zirkel je, istina, u »Hypersthenfelsu« (hiperstenitu, hiperstenovcu) iz Mikleuškoga jarka (a Kišpatić ga smatra za istovetan s olivinskim gabrom) našao »Auch hie und da schlackiges titanhältiges Magneteisen« (l. c. 11, p. 216). Na to troskasto titansko magnetsko željezo ja se u izbruscima podgarićkoga gabra nisam mogao namjeriti, ali sam zato u njima vrlo često nailazio na ilmenit. Razvio se taj mineral u poznatim tvorevinama, što se odlikuju nepravilnim, često zubičastim i krpastim obrisima. Iako je opâki mineral, na pokojem ovećem listiću vidi se, kako tek neznatno propušta svjetlost u slabo zamjetljivoj smeđoj boji, koja se zapaža uz veće povećanje (od 500 puta). Ponegdje vidi se, kako zubičasto zadire u glinenac, biotit i amfibol, tako da su ti minerali među sobom zubičasto povezani. Stalan je uklopak u drugim mineralnim sastavcima, što je već spomenuto, kad je bilo o njima govora.

Pirit, koji se već makroskopskim promatranjem zapaža u gabru, javlja se u izbrusku kadikad u sitnom zrnju sa slabo razvijenim heksaedarskim obrisima.

Apatit nije zapažen u moslavačkom olivinskom gabru, ali se u tamošnjem običnom gabru razvio, iako u posve neznatnoj količini. Ja sam se namjerio samo na jedno njegovo zrno veličine 0,55×0,28 mm, koje zadire u amfibol i labrador. Ističe se svojom hrapavom površinom, a uklapa dva sićušna listića amfibola i nešto malo sićušnog crnog zrnja.

Kako je prerez bio okomit na optičku os, lako se mogla utvrditi njegova optička jednoosnost i negativni optički karakter.

Kemijsku prirodu ovoga gabra pokazuje ovdje navedena kemijska analiza, koju je izvršio *V. Križančić:*

SiO_2	49,23
TiO_2	0,88
Al_2O_3	18,09
Fe_2O_3	2,10
FeO	6,13
MnO	0,10
MgO	8,03
CaO	11,20
Na_2O	3,11
K_2O	0,98
P_2O_5	0,07
H_2O+	0,53
	100,45

Nigglijeve vrijednosti

si =	109
al =	23,7
fm =	41,6
c =	26,6
alk =	8,1
k =	0,17
mg =	0,70
ti =	1,5
p =	0,1
q =	−22,4

Iz ovih kemijskih podataka razabiramo, da se u Moslavačkoj gori razvio i obični gabro.

Uzmemo li u obzir strukturu ovoga gabra, zatim međusoban odnos njegovih mineralnih sastavaka, doći ćemo do zaključka, da se njihov razvitak nije vršio prema Rosenbuschovu pravilu, što ga je postavio za kristalizaciju minerala iz magme. Ovdje se, naime, ne može zapaziti slijed kristalizacije pojedinih minerala, kako je to kod minerala eruptivnih stijena. Minerali našega gabra zalaze jedni u druge, uklapaju se međusobno, što svjedoči, da su se istodobno razvijali. Ta pojava istodobne kristalizacije bila je također jedan od onih razloga, koji su doveli Kišpatića do zaključka, da ne smatra gabre za eruptivne stijene, nego za članove kristalastih škriljaca, za iskonske, isprvične stijene, t. j. za takve, koje nisu postale procesima metamorfoze (l. c. 4, p. 230).

2. KREMENI GABRO

Kad sam 1949. god. ponovo obilazio kamenolome granita ispod Podgarića, naišao sam na iskonsko ležište kremenoga gabra. On se nalazi u granitskim kamenolomima u neposrednom dodiru sa samim granitom s lijeve strane ušća Hajdučkoga jarka u Podgarić potok. Pa kao što je moslavački granit sad od veće, sad od manje česti metamorfoziran, rastrošen, tako da nema gotovo komada, u kome bi njegovi glinenci bili potpuno svježi – čak je to trošenje dovelo negdje, na pr. u okolini Grabovnice kod Vučana, do potpuna raspadanja granita – tako je ta metamorfoza zahvatila i kremeni gabro u tolikom opsegu, da se raspao kao u neki gnjilež, pa se lako drobi. U tome raspadnutom materijalu nalaze se oveći kuglastozaobljeni komadi, koji su nastali vjerojatno pri skrućivanju magme u obliku kuglastoga lučenja. Te su kuglaste gromade posve svježe, vrlo žilave, da je teško od njih odlomiti komade kao

uzorke za zbirke. Na kontaktu kremenoga gabra s granitom vade se u gabru tanje žile sastavljene od kremena i glinenca.

Kamenoga gabra nalazimo na iskonskom ležištu još u neposrednoj blizini s lijeve strane Hajdučkoga jarka, i to poviše njegova ušća u Podgarićki potok. Dakako, i tu je sav raspadnut, a u njegovu raspadnutom materijalu leže također kuglasti komadi uščuvani od trošenja, ali među njima ima izlučenih kuglastih komada, nešto većih od čovječje glave, potpuno rastrošenih, kao i ona masa, u kojoj se nalaze. Vide se u njemu omanji ulošci kremena.

Površina kuglastih komada kremenoga gabra puna je malih rupica, kakve se mogu zapaziti na pr. na lercolitu ili olivinskom gabru, pa su vjerojatno to ona mjesta, iz kojih je nestalo nekih mineralnih sastavaka (na pr. u lercolitu olivina). Na površini odlomljenih dijelova pokazuje se sva svježina kamena, koji je mrkosive boje i srednjezrnata sastava podsjećajući jako na gabro. Golim okom raspoznaju se sivkastobjeličasti glinenci ističući se na plohama kalavosti staklastim sjajem, crni listići biotita jaka blistava sjaja, pa crna kalotinasta zrna staklasta sjaja, koja se u izbrusku pod mikroskopom očituju kao amfibol; od tih mineralnih sastavaka kamen je šarolik i pri okretanju iskričava blistanja.

U izbrusku pod mikroskopom utvrđeni su ovi mineralni sastavci: glinenac, amfibol, biotit, kremen, piroksen, ilmenit, apatit, pirit, cirkon, granat.

Glinenac se razvio kao plagioklas, i to većinom u nepravilnom zrnju, manje u sad širim, sad užim prizmatski oduljenim kristaloidima zadirući zubičasto jedni u druge, pa i u amfibol, biotit i kremen. Najčešće se javlja u sraslačkim lamelama po albitskom zakonu, ponegdje u kombinaciji s periklinskim lamelama. Gdješto je zahvaćen rastrožbom, koje se proizvodi vide kao mrkosivi prah razasut nepravilno, a negdje okupljen u nizove paralelno albitskim lamelama ili pukotinama kalavosti. Uz veliko povećanje (od 500 puta) vidi se, da su to od česti sićušni listići, koji se ističu iz plagioklasa svojim jačim lomom, a interferiraju u živim bojama, pa držim, da pripadaju muskovitu. Veći je dio plagioklasa svjež, a u nekima nema ni traga tome prahu, naročito kod onih plagioklasa, koji su se razvili u nepravilnom zrnju, pa takvo zrnje nije lako razlikovati (u paralelnoj polarizovanoj svjetlosti) od kremena. Kako je gabro bio izvrgnut velikom gorskom pritisku, pomrače plagioklasi valovito. Da njih ima i koji su zonarno građeni, možemo zapaziti, kad ih promatramo među unakrštenim nikolima; tada se vidi, kako središnji dijelovi, jezgra, pomrače pod drugim kutom negoli okrajnje česti, ovoji.

Od uklopaka nalazi se u plagioklasu vrlo često amfibol; negdje su to oveća nepravilna zrna, ali ponegdje namjeri se čovjek, promatrajući izbrusak uz veliko povećanje (od 500 puta), na sićušne kristaliće amfibola s oštrim obrisima od (110), pa od kombinacije (110) i (010); zapažen je i jedan individuum amfibola s uklopljenim glinencem, a u tom je glinencu uklopljen sićušan kristalić amfibola zaobljenih kristalnih obrisa. Dosta su česti uklopci apatita, pa pirita u obliku sitnog

heksaedra, pentagonskog dodekaedra i okruglasta zrnja; ima uklopljena nešto malo biotita (ponekad kao vrlo uzane igličaste lamele poredane paralelno kalavosti), pa i samoga plagioklasa, i pokoje nazubljeno zrno ilmenita, a namjerio sam se i na jedan kristalić cirkona. Kao što se u labradoru podgarićkoga običnoga gabra nađe uklopaka sitnih, crnih, vrlo uzanih štapića i iglica (vidi str. 45), tako se nađe i u ovom kremenom gabru plagioklasa, koji su prepuni takvih štapićastih i igličastih uklopaka. Poredani su u nizove, koji su među sobom paralelni; jedni su od tih paralelnih nizova među sobom okomiti, pa im se pridružuje treći niz, koji zauzima kosi položaj između ta dva okomita niza. Uz štapićaste i igličaste uklopke nalaze se i sićušna crna zrnca, koja su većinom nepravilno rasuta, ali ih ima i takvih, što su poređana u pravcima. Poneki su kristaloidi plagioklasa prepuni takvih i tako poređanih štapićastih, igličastih i zrnatih uklopaka, što daje vrlo lijepu sliku u izbrusku pod mikroskopom.

Plagioklas pripada u grupu *andezin-labradora*, kako to pokazuju istraživanja izvršena teodolitskomikroskopskom metodom, što se razabira iz ovih podataka:

Prvo zrno:

$V_1V_2 = +88^1/_2{}^0$.

$D_{1/2/3}$ $18^2/_3{}^0$; $71^1/_3{}^0$; $87^1/_4{}^0$; $\perp (010) = 38\%$ an; 2^0 SSW.

$D_{1/2}$ $82^1/_2{}^0$; 59^0; 32^0; $\frac{\perp [001]}{(010)} = 37\%$ an; 1^0 NO.

$B_{1/3}$ $18^1/_2{}^0$; $71^1/_2{}^0$; $88^1/_2{}^0$; $\perp (010) = 38\%$ an; 2^0 SSW.

$B_{2/3}$ 74^0; 38^0; 57^0; $\perp [001] = 37\%$ an; $^1/_2{}^0$ NW.

Drugo zrno (jezgra i ovoj):

1. Jezgra

L $30^3/_4{}^0$; $63^{0\,1}/_2$; $73^1/_4{}^0$; $\perp (010) = 59\%$ an; $^1/_2{}^0$ SW.

2. Ovoj

L 18^0; $72^1/_2{}^0$; $86^1/_2{}^0$; $\perp (010) = 38\%$ an; točno.

Treće zrno:

a) Jezgra $2V = +75^1/_2{}^0$.

S $57^1/_2{}^0$; $38^3/_4{}^0$; $69^1/_4{}^0$; $\perp (001) = 52\%$ an; 1^0 SO.

L $28^3/_4{}^0$; $65^1/_4{}^0$; 79^0; $\perp (010) = 52\%$ an; 1^0 SW.

b) Jezgra i ovoj:

1. Jezgra: $V_1V_2 = +74^3/_4{}^0$.

L $26^1/_4{}^0$; $65^1/_4{}^0$; $78^1/_2{}^0$; $\perp (010) = 50\%$ an; točno.

S $59^1/_2{}^0$; 41^0; $66^1/_2{}^0$; $\perp (001) = 53\%$ an; 2^0 NW.

2. Ovoj: $2V = +84^0$.

L $21^1/_4{}^0$; $71^1/_2{}^0$; 86^0; $\perp (010) = 41\%$ an; 1^0 NO.

S $64^1/_2{}^0$; $25^3/_4{}^0$; $81^1/_2{}^0$; $\perp (001) = 39\%$ an; 2^0 SO.

Četvrto zrno (jezgra i ovoj):

1. Jezgra: $V_1V_2 = +77^1/_4{}^0$.

S' $57^1/_2{}^0$; $42^1/_2{}^0$; $65^3/_4{}^0$; $\perp (001) = 55\%$ an; 1^0 NW.

2. Ovoj: $V_1V_2 = +87^1/_2{}^0$.

S 69^0; $21^1/_4{}^0$; $86^1/_4{}^0$; $\perp (001) = 36\%$ an; $1^1/_2{}^0$ SO.

Na jednom zrnu plagioklasa u gabru sa lijeve strane potočića Mali Zorovac, nađeno je:

$2V = -89^1/_2{}^0$.

S=L 16^0; 74^0; $88^3/_4{}^0$; $\perp (010) = 37\%$ an; 2^0 SWS.

a na drugom zrnu:

$2V = +75^1/_2{}^0$.

L $24^1/_2{}^0$; $68^1/_4{}^0$; 82^0; $\perp (010) = 47\%$ an; 1^0 NO.

Kako se iz navedenih podataka razabira, jezgra je plagioklasa sastavljena od labradora, a ovaj od andezina.

Amfibol je iza glinenca najobilniji sastavak. Razvio se u nepravilnim krpastim individuima zadirući sad u glinenac, sad u biotit, sad u kremen, koji opet sa svoje strane zalaze u amfibol; zadiru i pojedini amfibolski individui jedni u druge. A ti minerali prodiru jedni u druge zaobljenih obrisa, kao da su na dodiru s mineralom, u koji su zašli korodirani, pa se obično vidi, kako ih poput kliješta obuhvata onaj mineral, u koji su ušli.

Ima ga ponegdje, koji je sastavljen od gusto zbijenih paralelno poređanih prutićastih nakupina; one su duljinom modrušaste, a okomito na to blijedo smeđaste.

Od uklopaka možemo zapaziti u amfibolu vrlo često sitne glinence, biotit, kremen, piroksen, apatit i ilmenit. Kao uklopci, glinenci su posve svježi i obično zaobljenih obrisa, s uskim crnim rubom, što nas upućuje na njegovu koroziju.

Amfibol se javlja i u sraslacima. Znatnoga je pleohroizma, pa je na jednom individuumu N_g = zelenkastosmeđ, N_m = sivkastosmeđ sa zelenkastim prisjenkom, N_p = blijedosmeđast; na drugom je N_g = sivkastosmeđ, N_m = smeđast, N_p = blijedosmeđast; na trećem je N_g = sivkastozelenkast, N_m = smeđast, N_p = blijedosmeđast. Na jednom amfibolu, koji se razvio uz rub piroksena, pa kao da je iz toga minerala i postao, javlja se pleohroizam u jednom smjeru u zelenkastomodroj, a u smjeru na to okomitom u sivkastozelenkastoj boji. Pleohroizam nije uvijek jednolično rasprostranjen, pa su jedne česti amfibolskoga individua zelenkastosmeđe, neke slabašnozelenkaste do gotovo bezbojne. Teodolitskomikroskopskom metodom određena je veličina kuta optičkih osi kod jednoga sraslaca $2V = -79^0$ i kut pomračenja $c \wedge N_g$ oko 15^0; na jednom drugom individuu samcu $c \wedge N_g = 15^0$.

Biotit se razvio u priličnoj količini. To su odulјeni listovi, na kojima se vide paralelno poređane pukotine kalavosti, pa nepravilni krpasti listovi, a negdje (naročito kao uklopak) i kao uske lamele. Zna biti na

kraju raščehan u odeblje niti, koje su od pritiska savijene. Nađe se biotita s uzanim crnim ovojem, koji zalazi s rubova u unutrašnjost kao nit, možda ta crna tvar pripada ilmenitu. Gdje graniči s drugim mineralnim sastavcima (glinencem, amfibolom, kremenom i ilmenitom), vidi se, kako oni zalaze u njega, a i on u njih. Vrlo je često uklopljen u amfibol, pa nešto i u glinenac, a ponegdje i u ilmenit. Od uklopaka vide se u njemu sitna svježa zrna glinenca, dosta često ilmenit, nešto amfibola i pokoji apatit, pa lamele samoga biotita svoje zasebne orijentacije od individua, u koji su uklopljene. Odlikuje se jakim pleohroizmom, pa je u smjeru kalavosti tamnosmeđ, gotovo crn, a u smjeru na to okomitom svijetlosmeđ do žućkastosmeđ.

Kremen se također javlja u nešto većoj količini. Razvio se u nepravilnom zrnju, pa na dodiru s ostalim mineralnim sastavcima zalazi u njih, a i oni u njega. To su posve čista, bezbojna zrna, glatke površine, kao da su od stakla, pa gdje su i zrna glinenca čista, bez praškastoga muteža od rastrožbe, teško ih je razlikovati jedne od drugih, ali promatranjem u konvergentnoj svjetlosti, lako se raspoznaju po svojim optičkim svojstvima. Pomrači slabo valovito. Nađe se u njemu uklopaka amfibola i apatita, pa mjehurićastih uklopaka s pomičnim libelama poredanih u nizove.

Piroksen je dosta čest. Nalazi se najviše uklopljen u amfibolu obično po njegovim središnjim dijelovima u obliku sitnoga dosta onečišćenoga zrnja, zatim uz amfibol zadirući u njega. Na jednom piroksenskom zrnu vidi se, kako na svojim okrajnjim dijelovima prelazi u amfibol, koji pokazuje već spomenuti pleohroizam između zelenkastomodre i sivkastozelenkaste spomenute boje (vidi str. 53). Na jednom zrnu istraživanom na teodolitskom mikroskopu nađena je veličina kuta optičkih osi $2V = +56^0$ i kut pomračenja $c \wedge N_g = 42^0$.

Javlja se pitanje, da li je amfibol u ovoj stijeni prvobitan. Ono nekoliko piroksenskih zrna, na kojima se zapaža prijelaz u amfibol s malo prije spomenutim pleohroizmom, svjedočilo bi za njegov postanak metamorfozom iz piroksena. Ona piroksenska zrna u središnjim dijelovima amfibola mogli bismo shvatiti kao ostatak od nemetamorfozirana piroksena, iako čine više utisak uklopaka negoli ostataka. Kako se javlja i u prutićastim nakupinama, možda bi i onaj nepravilni, krpasti oblik njegovih individua dao slutiti na prvobitnost toga minerala, ali kako je svojim pleohroizmom jednak amfibolu u podgarićkom gabru, mogli bismo ga smatrati za sekundarni proizvod.

Ilmenit je prilično rasprostranjen. Vezan je obično za biotit, u kome se javlja kao uklopak u ovećem opâkom zrnju s karakterističnim svojim nazubljenim i kao izgrizenim obrisima. Negdje se vidi, kako u nj zadire biotit tako, da je taj od ilmenita ukliješten. Ima ga uklopljena i u amfibolu, pa u glinencu, ali je tu sitan. Može se kadšto naići na pokoje sitno ilmenitsko zrno, gdje zadire i u kremen. Iako rijetko, nađe se ilmenita, koji je samo na jednom svome kraju nazubljen, dok su mu se ostali razvili s kristalnim obrisima. Zapaženo je jedno oveće zrno, u kome je uklopljena sitna zaobljena lamela biotita i zaobljeno zrnce amfibola.

Apatit je vrlo čest. Pojavljuje se najviše kao uklopak u glinencu, amfibolu, biotitu i kremenu, ali ga ima, iako rijetko, uložena između ostalih mineralnih sastavaka. To su od česti zaobljena, kadikad kuglasta zrna, a od česti prutićasti, prizmatskooduljeni, pa igličasti individui, na kojima se vidi, kako su poprečno ispucali od lučenja; neki su prizmatski i igličasti individui slomljeni. Kao i ostali mineralni sastavci, o kojima je dosada bilo govora, zalazi i apatit zubičasto u minerale, u kojima je uklopljen, a i oni u njega. Gdje su se razvile terminalne plohe, one su malo zaobljene, a krajevi u zoni prizme obično su ovijeni vrlo uzanim crnim rubom. U prerezima okomitima na glavnu os vide se apatitska zrna razvučenih heksagonskih obrisa, ili su ti obrisi trigonskoga oblika. Neki su prizmatski i igličasti individui slomljeni. Najveći oduljeni kristalić mjerio je $0{,}10 \times 0{,}73$ mm. Pomračenje mu je valovito.

Na tom apatitskom zrnju i prutićastim individuima mogla su se lako utvrditi optička svojstva: njegov veliki lom, koji dolazi do izražaja u hrapavosti njegove površine, mali dvolom, koji uvjetuje slabe interferencije boje, pa njegova optička jednoosnost i negativni optički karakter.

Pirit se javlja kao uklopak nešto počešće, i to najviše u glinencu, manje u amfibolu. To su sitna opâka zrna, među kojima se možemo namjeriti ovdje ondje i na pokoji heksaedar.

Cirkon. U jednom izbrusku namjerio sam se na dva omanja kristala cirkona, koja se ističu svojom hrapavom površinom, crnim rubom i jakim interferencijskim bojama. Jedan je od njih kratkostubićast, oširok s plohama prizme i terminalnim od piramide zadirući većim dijelom u amfibol, manjim u glinenac. Pokazuje u konvergentnoj svjetlosti crni krst s nekoliko prstenova, pa se lako mogao utvrditi njegov pozitivni dvolom. I drugi individuum zadire većim dijelom u amfibol, manjim u glinenac; prizmatskoga je habitusa; na njemu se ističu dvije dosta oštre pukotine kalavosti od prizme. Teodolitskomikroskopskim istraživanjem L. Barića dobijeni su ovi podaci:

Izmjereno, odnosno očitano iz stereograma opažanja:	U literaturi se navodi:
1. $(110) : (1\bar{1}0) = 91°$	90°
2. $(110) : (311) = 36°$	36°41′
3. $(311) : (100) = 31^1/_2°$	31°43′
4. optički karakter +	+
5. $\varepsilon - \omega = 0{,}0545$ na preparatu debelom 0,0304 mm	0,05—0,06

S tim su u skladu snažan reljef minerala i interferencijske boje u preparatu, kao i to, da se u interferencijskoj figuri vidi više prstenova. Ploha (100) navedena pod 3), koja na kristalu ne dolazi, utvrđena je konstrukcijom u dijagramu opažanja raspolovivši kut $(110) : (1\bar{1}0)$, te se tako mogla očitati i veličina toga kuta.

Na drugom kristalu utvrđena je još i terminalna ploha (101). Očitavši naime iz dijagrama njezin kut prema optičkoj osi, koja se mora podudarati s kristalografskom osi c, dobijena je vrijednost $34^3/_4{}^0$, dok bi teorijski za cirkon moralo biti $(101) : (001) = 32^0 38'$.

Podudaranje je gotovo idealno, ako se uzme, da je sve utvrđeno na kristalu posve slučajne orijentacije iz pukih opažanja pod mikroskopom.

Granat. Među mineralnim sastavcima namjerio sam se u jednom izbrusku na sitan idealno razvijeni rompski dodekaedar granata, uklopljen u glinencu, iz koga se ističe svojim velikim lomom.

Kemijsku prirodu ovoga kremenoga gabra prikazuje ova analiza, što ju je izvršio prof. M. Tajder:

SiO_2	53,67	893	
TiO_2	1,30	16	
Al_2O_3	17,91	175	175
Fe_2O_3	2,70	17^{34}	
FeO	4,85	68	239
MnO	0,12	2	
MgO	5,45	135	
CaO	8,76	156	156
Na_2O	3.33	54	68
K_2O	1,34	14	
P_2O_5	0,26	2	638
H_2O-	0,07		
H_2O+	0,51		
	100,27		

si = 140	Q = 34,5
al = 27,5	L = 40,7
fm = 37,5	M = 25,0
c = 24,5	π = 0,44
alk = 10,5	γ = 0,16
k = 0,20	
mg = 0,56	
ti = 2,5	
p = 0,3	

Prema Nigglijevim tipovima magmi pripadala bi ova stijena, s obzirom na navedeni kemijski sastav, u leukomiharaitski tip.

Zašto sam je svrstao među gabroidsko, a ne među dioritsko stijenje, ima tome više razloga. Najprije, tu je njena struktura, koja se bitno razlikuje ne samo od strukture dioritskoga stijenja, nego uopće od strukture eruptivnih stijena, a koja uvjetuje, kako je to kod gabra već obično, vanrednu čvrstoću i žilavost njegovu. Minerali su se u ovoj vrsti gabra razvijali baš onako kao i u običnom gabru ispod Podgarića, t. j. ne pokoravajući se Rosenbuschovu pravilu kristalizacije magme. Već je istaknuto pri mikroskopskom istraživanju mineralnih sastavaka, kako oni zalaze jedni u druge, što nas upućuje na njihov istodobni razvitak; kako bazičniji minerali uklapaju kiselije, na pr. amfibol uklapa plagioklas i kremen, ilmenit uklapa biotit. Za pripadnost ove stijene moslavačkim gabrima svjedočili bi i oni sićušni štapićasti i igličasti uklopci u plagioklasu, koji se svojom pojavom potpuno poklapaju s takvim uklopcima u plagioklasu olivinskoga gabra iz Mikleuškoga jarka i običnoga gabra ispod Podgarića.

Istina, u moslavačkom olivinskom i običnom gabru javljaju se glinenci, koji, dakako, pripadaju u grupu bazičnih plagioklasa, labradoru. U ovoj vrsti gabra, o kojoj govorimo, glinenci su nešto kiseliji: jedni pripadaju andezinu, drugi labradoru, i to jezgra labradoru, a ovoj andezinu. No to nikako ne može smetati, što sam ovu stijenu svrstao u gabre, a ne u diorite, kojih su plagioklasi kiseli do srednjekiseli, jer je poznato, da u gabro ulaze kao sporedni sastavci kiseli plagioklasi iz niza oligoklasandezinskoga.

Dok se od sporednih minerala javlja u dioritu kao stalan sastavak magnetit (s većom ili manjom količinom titana), u gabrima ilmenit vrlo rasprostranjen, pa se dakako razvio i u našoj

stijeni u znatnijoj količini (magnetit se u njoj uopće ne pojavljuje), što također svjedoči za njenu pripadnost gabrima.

U mineralni sastav gabra, kao tipskih bazičnih stijena, ne ulazi kremen. A u našoj stijeni taj se mineral razvio u nešto većoj količini. No tu moram istaći, da se i u nekim gabrima, kako je poznato, javlja također kremen, ali ne kao bitan nego sporedan sastavak, i to u onim gabrima, koji čine prijelaz u diorite. Pa kao što se iz nešto bazičnije magme može razviti mjesto običnoga gabra onaj s olivinom – olivinski gabro, tako se može razviti iz nešto kiselije magme i onaj s kremenom, koji ja zovem *kremenim gabrom.*

Pa i kemijska priroda ove stijene, koja pripada miharaitskome tipu magme, dopušta nam, da je smjestimo među gabroidske stijene. To su stijene magme gabroidskodioritskoga tipa,[9] pa zato i postoje postepeni prijelazi od gabra u diorit i obrnuto od diorita u gabro.[10] Naša je stijena granični tip gabra, kome nesumnjivo pripada prema navedenom razlaganju.

O pojavi diorita u Moslavačkoj gori ima u literaturi vijesti; one potječu od *Lj. Vukotinovića,* koji kaže, kako sam to već naveo (vidi str. 1), da se istočno od Jelenske Gornje nalazi zrnati, od česti škriljasti diorit, koji je obojen zeleno ili sivo, i da se u njemu mogu često raspoznati izlučeni kristali amfibola (l. c. 9). O tom tobožnjem dioritu govori Vukotinović i u svojoj raspravi »O moslavačkom granitu i hrastovih u Hrvatskoj« (l. c. 10), gdje točnije određuje njegovo nalazište, t. j. kod Jelenske Gornje ispod brijega Kolčenice; tu da se »vide velike pećine zelenika (Diorita)« (vidi str. 41). To je sve što se dosad reklo o tobožnjem dioritu kod Jelenske Gornje, pa je to saznanje prenio u svoju kratku bilješku o eruptivnim stijenama Moslavačke gore i H. Wolf (vidi str. 40).

Šta je Vukotinović vidio kod Jelenske Gornje ispod brijega Kolčenice, teško je reći, ali da diorita nije vidio, to je sigurno, jer ga u tom kraju i nije mogao naći, kao što ga nije našao ni Kišpatić ni Koch (vidi l. c. 5 i 6!). Kišpatić kaže: »Što se tiče diorita, to moram odmah ovdje spomenuti, da ga u gori nisam mogao naći. Na putu, koji vodi iz Jelenske ispod Kolčenice, našao sam doduše šupljikave kruglje,[11] nu ove ne bijahu od diorita, nego od kremena, koji je nedvojbeno glinenom tvarju napunjen« (l. c. 3, str. 25).

[9] Za magmatski tip stijena, koje stoje između diorită i gabrâ izračunao je P. Niggli ove molekularne vrijednosti: *si* 155 do 110, *al* skoro bez izuzetka manje od 30, većinom manje od 26, *fm* 40 i više jedinica, *c* oko 20, *alk* oko 10, *k* većinom manje od 0,36 – P. Niggli: Gesteins- und Mineralprovinzen. Bd. I, str. 127. Berlin 1923.

[10] U *H. Rosenbuschovu* djelu Elemente der Gesteinslehre, vierte neu bearbitete Auflage. Stuttgart 1923, str. 183, kaže *A. Osann:* »Was ein Autor noch zum Diorit rechnet, wird von andern schon zum Gabbro gestellt.«

[11] Govoreći o Wolfovu geološkom istraživanju Moslavačke gore, Kišpatić kaže, da on »spominje ovdje dioritne kruglje, što ih je *Ljudevit Vukotinović* kod Jelenske pod Kolčenicom našao ...«. Ali ni Vukotinović ni Wolf nigdje ne spominju »dioritnih krugalja«, kako se to razabira iz malo prije navedenoga teksta tih dvaju autora; Vukotinović, naime, spominje samo »zrnati, od česti škriljasti diorit«, pa još jedamput »velike pećine zelenika (Diorita)«.

Na sjeveru od Podgarića nalazi se brijeg Josipovača. Sjeverno od njega protječe potok istoga imena, u koji, u njegovu gornjem toku, utječe sa sjevera potok Jaska. »Ako tim potokom idemo«, kaže F. Koch (l. c. 6, str. 7), »to vidimo odmah na početku vanredno žilav, crn biotitni škriljavac...«. Kao mineralne sastojke biotitskih škriljaca navodi Koch ove: »biotit, kremen, plagioklas, muskovit, cirkon, granat, rutil, salit i apatit« (l. c. 6, str. 5) ne govoreći ništa o njihovim svojstvima, ni morfološkim ni optičkim. Ja sam u koritu toga potoka, u njegovu gornjem toku, naišao na vanredno žilave mrkosive komade jedne stijene, koja svojom spoljašnošću podsjeća nešto na gusti gabro. Stijena je ta vrlo sitnozrnata sastava, gotovo gusta, veoma se lijepo dade uglačati i polirati dobijajući pri tome gotovo crni izgled, pa su je počeli upotrebljavati u klesarstvu, ali se tu pokazao jedan njen nedostatak: počešće se njome provlače fine uzane prsline. Od mineralnih sastavaka mogu se u njoj, s pomoću lupe, vidjeti sitni crni listići biotita, što blistaju kao sićušne iskrice. Golim okom zapažaju se sivkastobjeličasta zrnca, koja se pod mikroskopom očituju kao glinenac i kremen. Osim tih spomenutih mineralnih sastavaka još je pod mikroskopom utvrđen andaluzit, silimanit, muskovit, ilmenit, apatit, cirkon i granat.

Glinenac je najobilniji mineralni sastavak. Razvio se u nepravilnom zrnju, pa gdje je svjež, bez sraslaca i bez pukotina kalavosti – a takav je pretežnom česti – možemo ga razlikovati od kremena samo u konvergentnoj svjetlosti među unakrštenim nikolima, utvrdivši dvoosnost, odnosno jednoosnost jednoga ili drugoga minerala. U nekim slučajevima pomaže pri tom raspoznavanju i Beckeova linija.

Redovno je natrunjen, negdje više, negdje manje, sićušnim nepravilnim zrncima kao nekim prahom, a prepun je uklopaka biotita, koji se javlja sad kao nepravilni, sad kao pravilni, negdje i razvučeni heksagonski listići, pa u kratkim štapićima, zatim prizmatskim oblicima obično obrubljenim uzanim crnim ovojem, pa u oduljenim lamelama. Kao uklopak javlja se u glinencu i kremen, i to u jajoliko zaobljenom sitnom zrnju; negdje se u tom zrnju vidi uklopljeni kružno zaobljeni listić biotita, s uzanim crnim ovojem; namjeri se čovjek i na uklopljena zrna kremena s izgrizenim obrisima od korozije, baš kao što od korozije potječu jamačno i oni malo prije spomenuti jajoliko i kružno zaobljeni oblici. Među uklopcima mogu se zapaziti i zaobljena zrna samoga glinenca, iglice silimanita, zrna andaluzita, nazubljeno zrnje ilmenita, vlaknati muskovit, zaobljena zrna cirkona s jakim crnim rubom.

Zrnje glinenca povezano je među sobom, kao i s ostalim mineralnim sastavcima, zubičasto, t. j. zadire jedno u drugo, i to najviše zaobljenim obrisima.

Kako je Moslavačka gora bila izvrgnuta jakom gorskom pritisku, posljedice toga pritiska zapažaju se i na nekim mineralnim sastavcima u obliku valovitoga pomračenja, koje se jasno ističe i na pojedinom zrnju glinenca.

Glinenac se razvio kao *andezin*, kako se to razabira iz ovih podataka dobivenih istraživanjem na teodolitskom mikroskopu:

Prvo zrno:

$2V = +\,89^0.$

L′	$19^3/_4{}^0$;	$70^1/_2{}^0$;	$87^1/_3{}^0$;	$\perp(010) = 39\%$ an; 2^0 SW.
L″	$66^3/_4{}^0$;	24^0;	$83^1/_2{}^0$;	RS $= 38\%$ an; $1^1/_2{}^0$ SO.

Drugo zrno: (sraslac):

Individuum 1:

$V_1V_2 = +\,86^1/_2{}^0.$

Individuum 2:

$V_1V_2 = +\,85^1/_2{}^0.$

$D_{1/2}$	$19^1/_2{}^0$;	$71^1/_2{}^0$;	$88^1/_2{}^0$;	$\perp(010) = 39\%$ an; $1^1/_4{}^0$ SSW.
$B_{1/2}$	19^0;	$71^1/_2{}^0$;	88^0;	$\perp(010) = 38\%$ an; 2^0 SSW.
L_1	$67^1/_4{}^0$;	$21^3/_4{}^0$;	88^0;	RS $= 36\%$ an; 5^0 SO.

Prvi i drugi sraslački individuum pomrače simetrijski pri svakom nagibu; N_m veći od indeksa loma kremena.

Treće zrno:

$2V = \pm\,90^0.$

L′	$19^3/_4{}^0$;	$69^1/_4{}^0$;	$89^1/_4{}^0$:	$\perp(010) = 39\%$ an; 4^0 SSW.
L″	$66^1/_4{}^0$;	$25^1/_2{}^0$;	$83^3/_4{}^0$;	RS $= 39\%$ an; 2^0 SO.

$L' \wedge S = 90^0;\quad \sigma = 3^1/_2{}^0.$

Četvrto zrno: (sraslac):

Individuum 1:

$2V = +\,84^1/_2{}^0.$

L′	$66^1/_2{}^0$;	$22^1/_2{}^0$;	87^0;	$\perp(010) = 36\%$ an; 4^0 SO, ili RS $= 37\%$ an; 5^0 SO.
L″	18^0;	$73^1/_4{}^0$;	88^0;	$\perp(010) = 38\%$ an; točno.

Individuum 2:

$2V = +\,85^1/_2{}^0.$

L_2	$22^3/_4{}^0$;	$67^1/_4{}^0$;	87^0;	(010) 43% an; 3^0 SW.
$B_{1/2}$	24^0;	$65^1/_4{}^0$;	$86^1/_2{}^0$;	$\frac{\perp[100]}{(010)}$; 39% an; 3^0 SSW ili RS $= 39\%$ an; 3^0 SSW.

Može se tumačiti kao sraslac po periklinskom zakonu ili po zakonu $\frac{[100]}{(001)}$; bazicitet je gotovo isti po svakom tumačenju.

Peto zrno:

$2V = -89^0$.

$D_{1,2}$	$17^1/_2{}^0$;	$71^3/_4{}^0$;	$89^1/_2{}^0$;	$\perp (010) = 38\%$ an; $^1/_2{}^0$ NW.
L	$68^3/_4{}^0$;	$23^1/_2{}^0$;	$82^1/_2{}^0$;	RS $= 38\%$ an; $^1/_2{}^0$ NW.

Kremen svojom količinom jako zaostaje za glinencem. Javlja se u nepravilnom zrnju, koje je čiste i kao staklo glatke površine, pa gdje su i zrna glinenca čista, bez praškastih uklopaka, teško ih je, kako je već rečeno, jedne od drugih razlikovati. Pri njihovu razaznavanju pomažu i uzane nepravilne prsline, kojih ima često u kremenu, a vrlo su rijetke u glinencu. Zadire u druge mineralne sastavke: u glinenac, biotit i andaluzit, a ti u njega. Među njegovim uklopcima zapažaju se zaobljena zrna glinenca, listići biotita, koji su pokadšto zaobljenih heksagonskih obrisa, nešto malo ilmenita, pa sitni mjehurićasti uklopci, negdje s pomičnom libelom, poredani obično u nizove. Zrna pomrače valovito.

Biotit je iza glinenca najobilniji sastavak; od njega je stijeni mrkosiva boja. Razvio se što u nepravilnim, krpastim listićima, koji su često veoma sitni, što u oduljenim individuima, sad kao uske, sad oširoke lamele, pa i prutići bez terminalnih ploha, ali su u smjeru duljine obično ravnih rubova, oko kojih se ponegdje okupljaju neka sićušna zrnca (možda od magnetita?). Ima ga i u vlaknatim, gusto zbijenim agregatima. Kod oduljenih individua vidi se ponegdje, kako su na rubovima srasli paralelno s vlaknatim muskovitom. Negdje se vide vlaknati agregati sastavljeni od muskovita, a središnji od biotita, tako da bismo mogli doći do zaključka, da je biotit prešao u vlaknati muskovit. Taj prijelaz biotita u vlaknati muskovit zapaža se kadšto i na krajevima biotitnih oduljenih listića.

Jakoga je pleohroizma, i to: u smjeru pukotina kalavosti crvenkastosmeđ, okomito na to blijedožućkast, gotovo bezbojan. Rijetko se nađe pokoji sićušan individuum, koji je u smjeru pukotina kalavosti zelenkastosmeđ, a okomito na to bezbojan; takvoga su pleohroizma i poneka biotitska vlakanca. U debljim izbruscima može se čovjek namjeriti na oduljene sićušne listiće i kratkoštapićaste individue (s terminalnim plohama), koji su smjerom duljine crveni, a okomito na to modrušastozeleni.

Mnogo ga ima, kako je već spomenuto, uklopljena u glinencu, a nalazi se uklopljen i u andaluzitu, pa nešto malo u kremenu. Sam uklapa nazubljena zrna ilmenita.

Na dodiru sa zrnjem glinenca i kremena vidi se, kako u njih zadire zaobljenim obrisima, a i oni u njega.

Andaluzit je prilično rasprostranjen. U ponekom izbrusku ima ga, istina, malo, u drugima opet vrlo mnogo. Razvio se u nepravilnom zrnju, što zadire zubičasto u glinenac, a taj u andaluzit. Kako je jakoga loma, uočljivo iskače između zrna glinenca i kremena. Bezbojan je i hrapav podsjećajući jako na hrapavi izgled apatita, kome je sličan i svojim

sivim interferencijskim bojama, pa tamo, gdje su mu zrna bez kalavosti i malo oduljena, očituje se u smjeru duljine kao optički negativan, čime se podudara s apatitom. Prizmatska kalavost često se zapaža na pojedinim individuima, a ima i takvih zrna, koja su sva ispucana, a pukotine su među sobom okomite. Zapaža se vrlo često i valovito pomračenje, iako ima zrna, koja su bez njega. U tankim izbruscima je bezbojan, ali u nešto debljim zapaža se dosta uočljivi pleohroizam, i to u smjeru duljine individua (ili u smjeru kalavosti) crvenkaste boje puti, a okomito na to bezbojan.

Teodolitskomikroskopskom metodom određena je veličina kuta optičkih osi i to na jednom zrnu visokoga loma $2V = -84^0$; na jednom drugom zrnu s visokim lomom $2V = -84^0$ do -86^0; na trećem zrnu $2V = -85^0$ do -86^0; na četvrtom žućkastom zrnu s dobrom kalavosti i sivom interferencijskom bojom $2V = -85^0$ do -87^0. Dvolom (određen na izbrusku debelom 0,1037 mm) $\gamma - \alpha = 0{,}0096$.

Pun je uklopaka sićušnoga zrnja. Osim toga uklapa obilje sitnih listića i uzanih lamela biotita, koji se ponegdje vidi i u tanahnim, kratkim stupićima zaobljenih terminalnih ploha; zatim nepravilna zrnca glinenca, što ponekad znaju biti ovalno zaobljena, te opâka zrnca ilmenita s njegovim karakterističnim češljastim i nazubljenim obrisima, pa zaobljena zrnca cirkona i prutiće silimanita.

Ti su prutići silimanita kadikad pravilno srasli s andaluzitom tako, da se kristalne osi jednoga i drugoga minerala među sobom poklapaju, pa, dakako, oba minerala među unakrštenim nikolima istodobno pomrače. Kako je silimanit mnogo jačega loma od andaluzita, silimanitni prutići iskaču iz andaluzita, zbog čega su lako uočljivi. S pomoću pločice gipsa crvene boje prvoga reda lako se utvrdi, da je andaluzit smjerom duljine (smjerom pukotina od prizmatske kalavosti) optički negativan, a silimanit duljinom prutića optički pozitivan.

Iako se pravilno srastanje andaluzita sa silimanitom spominje u literaturi kao česta pojava,[12] ipak nalazišta takvoga srastanja tih dvaju minerala nisu baš naročito rasprostranjena. Prvi je to srastanje utvrdio *A. Lacroix*[13] na kristalima andaluzita iz gnajsa sa Ceylona i na andaluzitu iz jedne metamorfne stijene od Moulin-Vieux iz okolice Morlaix, departman Finistèr, Bretagne (ta je stijena nastala iz devonskih škriljaca na njihovu kontaktu s granitom); zatim na andaluzitu iz jedne crne metamorfne stijene od Châlets-Saint-Nérée, u dolini Barousse kod Bagnères-de-Bigorre, departman Hautes-Pyrenées, a koja je vjerojatno nastala, kao i ona od Morlaixa, metamorfozom na dodiru s granitom.[14] Još su to pravilno srastanje andaluzita sa silimanitom utvrdili *Michel-*

[12] *H. Rosenbusch – Dr. O. Mügge:* Mikroskopische Physiographie. Bd. I, 2, p. 309. Fünfte, erweiterte Auflage, Stuttgart 1927.

[13] Note sur une association de sillimanite et andalusite. Bulletin de la Société Française de Minéralogie, T. 11, p. 150. 1888.

[14] Andalusite et sillimanite de la vallée de Barousse (Hautes Pyrénées). Ibidem T. 12, p. 59. 1899.

Lévy i *Termier*[15] na andaluzitu iz granitskog kordieritskoga gnajsa s Mont-Pileta od La Chuperie na putu od Graixa u Bour-Argenta, departman Loire. To su eto, koliko sam mogao saznati iz literature, sva poznata nalazišta andaluzita i silimanita s njihovim pravilnim srastanjem, kojima se sada pridružuje i naše nalazište u Moslavačkoj gori. Dakako, u tim nalazištima pravilno srastanje tih dvaju minerala vrlo je često.

Ako istaknemo, da je tvar andaluzita Al_2SiO_5 trimorfna, da se javlja u prirodi kao andaluzit – silimanit – disten, onda je pojava spomenutoga pravilnoga srastanja dosta zanimljiva. Svaki naime mineral ima, kako je poznato, svoje termodinamske uvjete, uz koje se razvija, pa dakako i polimorfni minerali. Ali u ovom pravilnom srastanju vidimo, da se jedna ista mineralna tvar razvijala u istim termodinamskim uvjetima u isto doba s različitim rasporeďajem svojih atoma u prostoru, dakle kao dva različita minerala: andaluzit s kristalnom rešetkom, u kojoj elementarna ćelija ima dužinu brida $a_0 = 7{,}76$, $b_0 = 7{,}90$, $c_0 = 5{,}56$ Å; silimanit s kristalnom rešetkom, u kojoj je dužina brida $a_0 = 7{,}43$, $b_0 = 7{,}58$, $c_0 = 5{,}74$ Å.

Silimanit, o kojem je upravo bilo govora, ne pojavljuje se u stijeni samo u obliku pravilnoga srastanja; razvio se, i to u priličnoj količini, i u zasebnim, samostalnim individuima prutićasta oblika, dakako, najpretežnijom česti bez terminalnih ploha, pa samo na nekoliko individua zapažene su na njihovu jednom kraju terminalne plohe piramidske forme zaobljenih obrisa. Prutići su ponekad tako stanjeni, da su prešli u iglice. I na prutićima i na iglicama može se često zapaziti poprečno lučenje, a na prutićima i oštre pukotine kalavosti. U smjeru duljine optički je pozitivan. Kako je jaka loma, jasno se ističe između ostalih mineralnih sastojaka. Nalazi se i kao uklopak u glinencu, u koji često zadire, ti su uklopci sitne iglice, koje se kadikad sabiraju u rukoveti. U jednom izbrusku zapaženo je oveće zrno andaluzita sa sitnim uklopcima silimanita u presjeku okomitom na oštru raspolovnicu, koja se podudara s osi c, pa su pokazivali oštre kristalne obrise. Tim presjecima odgovara slabi parcijalni dvolom $\beta - \alpha = 0{,}0015$, zbog čega su se jedva zapažale interferencijske boje.

Pri mjerenju kuta optičkih osi, što ih je izvršio Lj. Barić, zbog nagibanja stolića smjer γ iz položaja usmjerenoga u tubus mikroskopa uz početni položaj preparata sve više ide prema horizontalnom položaju, a smjer α iz horizontalnoga početnoga položaja sve više prema osi tubusa. Uza sve jače nagibanje stolića od maloga dvoloma $\beta - \alpha = 0{,}0015$ sve se više približujemo prema parcijalnom dvolomu $\gamma - \beta = 0{,}0189$, i to je razlog, što u dijagonalnom položaju izbruska, prešavši nagibanjem položaj optičke osi, interferencijske boje postaju življe.

[15] Note sur un nouvel exemple d'association d'andalusite et de sillimanit a axes parallèles. Ibidem. T. 12, p. 56. 1889.

Mjerenja su dala ove rezultate:

1. Po Beckeovoj liniji se vidi, da je indeks loma veći od indeksa loma andaluzita, u kojem je mineral uklopljen.

2. Ravnina optičkih osi podudara se s plohom kalavosti, a ta je kod silimanita (010).

3. Kut između normale na plohu kalavosti i normale na terminalne plohe zrna nađen je čitanjem iz stereograma opažanja $45^1/_4{}^0$, a to znači, da terminalne plohe odgovaraju plohama osnovne prizme silimanita (110).

4. Među segmentima s indeksom loma $n = 1{,}648$ nađeno je, da kut optičkih osi iznosi $2V = +\ 30^1/_2{}^0$.

5. Zrno je u izbrusku bilo veličine 0,08 mm; ostala zrna bila su još manja.

Dok se paralelno srastanje silimanita s andaluzitom vršilo istodobno, to je razvitak silimanitskih iglica stariji od razvitka andaluzita, koji se pri svojoj kristalizaciji namjerio na sićušne igličaste kristaliće silimanita i uklopio ih.

Muskovit. Govoreći o biotitu ove stijene, spomenuo sam, kako je paralelno srastao s vlaknatim muskovitom i kako na svojim krajevima prelazi kadikad u vlaknati muskovit. Taj muskovit dolazi i zasebno, sad u paralelnim, sad u lepezastim nakupinama, gdje su često vlakanca malo u luk savijena; ima ih i snopićastih, pa u rukovetima. Osobito se lijepo vide, uz veće povećanje (od 500 puta). Na nekim se vlakancima vidi, da su duljinom sivkastozelenkasta, a okomito na to bezbojna; ima ih, koja su duljinom i smeđasta, a na to okomito zelenkasta, a nađe se snopićastih agregata, što su u sredini smeđi (dakle biotit), a na rubovima bezbojni (muskovit). Interferira u živim bojama karakterističnima za muskovit. Ima ga podosta.

Ilmenit je vrlo čest. Razvio se u opâkom zrnju, koje je obično zubičasto i krpasto oivičeno, negdje su mu zrna kao nagrizena, pa su im obrisi na različite načine krivudasto udubljeni, nađe se pokadšto i s ravnim rubovima, koji su na pojedinim dijelovima zrna heksagonskih obrisa, pa s oštrim kristalnim obrisima i u zaobljenom zrnju. Ima ga i uklopljena, naročito u glinencu, biotitu i andaluzitu, a ponešto i u kremenu; sam uklapa gdjegdje sitna zrnca glinenca. Pri svome rastenju zadro je u glinenac i kremen, a oni u njega.

Cirkon se pojavljuje tu i tamo naročito kao uklopak u glinencu. Razvio se u sitnim, duljim ili kraćim kristalićima, kojih su konture tako zaobljene, da se kristalići vide u eliptičnim oblicima, koji su crno obrubljeni i jakih interferencijskih boja. Ima ga i u sitnim zaobljenim zrncima, dakako, i oni crnoga ruba.

Granat je dosta rijedak. Ima izbrusaka, gdje ga nisam mogao zapaziti, ali u nekima nađe se negdje u sitnim, negdje u krupnim zrnima. Bezbojan je, hrapave površine i, dakako, potpuno izotropan. U pojedinim izbruscima nalazi se granata, u kojima su uklopljena sitna, vrlo svježa, korodirana zrnca glinenca i pokoji listić biotita.

Kemijsku prirodu ovoga škriljca pokazuje ova analiza, što ju je izvršio *V. Križančić:*

SiO_2	53,67	Nigglijeve vrijednosti	
TiO_2	1,45	si =	165
Al_2O_3	26,18	al =	47,5
Fe_2O_3	2,03	fm =	41,5
FeO	8,73	c =	3,5
MnO	0,16	alk =	7,4
MgO	3,02	k =	0,50
CaO	1,07	mg =	0,38
Na_2O	1,24	ti =	3,4
K_2O	1,86	p =	0,1
P_2O_5	0.05		
H_2O-	0.13		
H_2O+	0,87		
	100,46		

Svojim kemijskim sastavom i Nigglijevim molekularnim vrijednostima uklanja se ova stijena od eruptivnih. Ona je s obzirom na svoj mineralni sastav (andaluzit, silimanit, granat) tipska metamorfna stijena. Odvaja je od eruptivnih stijena i njena struktura, koja je posljedica istodobne kristalizacije mineralnih sastavaka, gdje jedni druge uklapaju i međusobno jedni u druge zadiru.

Od liskunskih škriljaca, koji se odlikuju svojom karakterističnom paralelnom teksturom, odvaja je nedostajanje te teksture; ali je odvaja od njih i njezin mineralni sastav. Dok se, naime, u liskunskim škriljcima javljaju kao glavni mineralni sastavci liskun i kremen, a glinenaca ili uopće nema ili se javljaju u neznatnoj količini kao sporedni sastavci, dotle se u ovoj stijeni razvio kao glavni sastavak baš glinenac zajedno s biotitom, koji za njim nešto malo zaostaje, a kremena je od njih mnogo manje.

Svojim mineralnim sastavom odvojena je ova stijena i od gnajsa, i to naročito sa svojim glinencem. U gnajsu se javljaju, kako je poznato, kalijski glinenci, ortoklas i mikrolin, dok su plagioklasi rjeđi. Pa iako se plagioklasi mogu u gnajsima razviti u nešto većoj količini, na pr. andezin u gnajsima bogatima biotitom, ipak ni taj plagioklas ne dolazi. u gnajsima nikada bez kalijskih glinenaca.[16]

Da se ovdje osvrnem još na onaj »vanredno žilav crni biotitni škriljac«, što ga spominje F. Koch (vidi str. 58) u potoku Josipovači[1]. Ja sam obišao početkom svibnja 1953. iskonsko ležište te stijene, koja, istina, obiluje biotitom, ali svojom velikom žilavošću, pa naročito svojim mineralnim sastavom ne može nikako biti smještena među liskunske škriljce. U izbrusku pod mikroskopom vidi se, da je najpretežnijom česti sastavljena od plagioklasa, koji su često sastavljeni od polisintetskih sraslaca. Plagioklasi pripadaju *andezinu*, kako se razabira iz ovih podataka dobivenih istraživanjem teodolitskomikroskopskom metodom:

[16] *H. Rosenbusth:* Elemente der Gesteinlehre. Vierte neu bearbeitete Auflage (von A. Osann). Stuttgart 1923, pag. 653.

[1] Onaj dio potoka Jaske od njena ušća u potok Garešnicu, pa do ušća potočića, što s desne strane jugozapadno od kote 213 utječe u Jasku, zove Koch Josipovača-potokom.

Zrno 1, sraslac:

Individuum 1.:

$$V_1 V_2 = -77^3/_4{}^0.$$

Individuum 2.:

$$V_1 V_2 = -76^2/_3{}^0.$$

$D_{1/2}$ $60^1/_2{}^0$; $30^1/_2{}^0$; $89^1/_2{}^0$; $\perp (0\bar{2}1) = 33\%$ an; $^1/_2$ NO.

Zrno 2.:

$$2V = -86^0.$$

L' $20^1/_4{}^0$; $70^1/_2{}^0$; $89^1/_4{}^0$; $\perp (010) = 39\%$ an; 2^0 SSW.

L" $68^3/_4{}^0$; 23^0; $82^1/_4{}^0$; $\perp (001) = 38\%$ an; 1^0 NW.

L' L" sjekle su se pod kutom od 88^0.

Kremen je dosta obilan; javlja se u nepravilnom ovećem zrnju; prilično je obilan i *biotit* u ovećim krpolikim listovima. Namjeri se čovjek i na pokoji individuum *andaluzita,* koji dovodi u vezu ovaj žilavi crni škriljac s andaluzitskosilimanitskim biotitskim škriljcem, kojega ima u potoku nešto iznad ovoga iskonskoga ležišta, a obiluje andaluzitom i silimanitom.

Kako se ovaj škriljac nalazi u neposrednoj blizini granitskih stijena, vjerojatno je, da su one prouzročile metamorfozu neke glinenim materijalom bogate stijene (na pr. glinenog škriljca), s kojom su došle u kontakt, a koja je dala materijal za razvitak andaluzita i silimanita.

4. FORSTERITSKI KRISTALASTI VAPNENJAK

Nijedan od istraživača geološko-petrografskoga sastava Moslavačke gore ne spominje u njoj u svojim raspravama kristalastog vapnenjaka (mramora). U svoju kartu »*Kamenospisna slika gore moslavačke*« (vidi napomenu 1 na str. 39) unio je Lj. Vukotinović pri »Tumačenju bojah« i »krupno zèrnati vapnjak«. Gdje se taj krupnozrnati vapnenjak nalazi u gori, ne možemo na spomenutoj karti nikako razabrati, budući da su u njoj boje toliko izblijedjele, da se jedne od drugih više ne raspoznaju. Pa ni *J. Cžjžek* u svojoj radnji »Marmor-Arten in Oesterreich«,[17] u kojoj navodi neka nalazišta mramora i kod nas, ne spominje nigdje kristalastih vapnenjaka. On kaže »In Croatien und Slavonien werden nur sehr wenige Marmorbrüche ausgebeutet. – Bei Fiume sind einige Brüche von farbigen Marmorarten. – Bei Karlstadt, Sambor (mora biti Samobor) und norwestlich von Agram kommen dichte Kalkarten vor, die als

[17] Jahrbuch der k. k. Geologischen Reichsanstalt. II. Jahrgang 1851. pag. 89 (101).

Marmor benützt werden könnten. – Zwischen Krapina und Koprenitza (mora biti Koprivnica), dann zwischen Durovár (mora biti Daruvar) und Kuttyevo, endlich südlich von Peterwardein (mora biti Petrovaradin) kommen schöne Kalkarten vor, die zu Marmor taugen«. Svi ti tobožnji mramori nisu kristalasti, zrnati vapnenjaci, nego gusti, koje u klesarskoj industriji, istina, zovu mramorima, ali u mineraloško-petrografskoj nauci mramori su samo kristalasti, zrnati vapnenjaci.

Kad sam 1946. g. istraživao, kako je već spomenuto, granitske kamenolome ispod Podgarića, naišao sam u Zorovac-potoku na stari, davno već napušteni kamenolom, u kome se nalaze hrpe ovećih odlomljenih komada kristalasta vapnenjaka kao svjedoci nekadašnjega rada. Taj se vapnenjak nalazi u neposrednoj blizini granita kao iskonska stijena. Strukture je srednjezrnate i bjeličastosive boje. Ponegdje se vide u njemu omanje blijedosmeđe česti, podsjećajući na siderit; lako se otapaju u solnoj kiselini, tako da je otopina žućkasto obojena od željeznoga klorida. To su, zapravo dijelovi kalcita, koji je primio, kao izomorfnu smjesu neku količinu željeza.

Nađe se toga kristalastoga vapnenjaka i u koritu Zorovac potoka, ali nanesenoga, a ima ga uložena i u liskunskom škriljcu istoga potoka u obliku tankih slojeva.

U izbrusku pod mikroskopom zapaža se poznata zrnata struktura sa zubičasto povezanim zrnjem kalcita, na kome se često zapažaju sraslačke lamele od $(01\bar{1}2)$ i romboedarska kalavost, pa obilje forsterita, vrlo malo klinoklora i još manje granata. Kalcitna zrna često su natrunjena sićušnim smeđastim zrncima i trunjem.

Forsterit je vrlo rasprostranjen, što kao uklopak u kalcitu, što kao sastavak između kalcitnoga zrnja, u koje zadire, ali i ono, kadikad, u njega. Zrna su često zaobljena, ponegdje su ovalnih obrisa, ali ih ima i s kristalnim zaobljenim obrisima; to su prizmatski kratko odulјeni individui s terminalnim plohama. Na ponekom zrnu je jasna kalavost smjerom (010), a na gdjekojem, s kristalnim i ovalnim obrisima, ravne poprečne pukotine; na nekom pak zrnju te su pukotine nepravilne i provlače se u različnim smjerovima kroz pojedine individue. Bezbojan je. Kako je jakoga loma, površina mu je u izbrusku hrapava. Njegova optička svojstva odredio je na teodolitskom mikroskopu Lj. Barić i došao je do ovih rezultata:

»Na presjecima, koji su se dobro približavali položaju okomitom na oštru ili tupu raspolovnicu – a taj je položaj bio neposredno određen teodolitskomikroskopskom metodom – izvršena su mjerenja prividnoga kuta optičkih osi $2E_a$ odnosno $2E_o$ ukupno na osam zrna. Dobiveni su ovi podaci među segmentima s indeksom loma 1,648:

$$2E_a = +85^0;\ +85^0;\ +86^1/_2{}^0;\ +86^1/_4{}^0;\ +85^3/_4{}^0;\ +85^1/_4{}^0;$$
$$\text{sredina } +85^2/_3;$$
$$2E_o = -95^3/_4{}^0;\ -96^1/_4{}^0;\ \text{sredina } -96^0.$$

»Treba istaći, da su se (zbog jakoga dvoloma minerala) mjerenja kuta optičkih osi mogla vršiti uz neposredno promatranje optičke figure u konvergentnoj svjetlosti, zbog čega je osjetljivost u mjerenjima bila velika.

«1. Konstruira li se u Winchellovu dijagramu[18] prema prijedlogu, koji sam iznio u svojoj publikaciji,[19] krivulja, koja pokazuje promjenu prividnoga oštroga ili tupoga kuta optičkih osi za sistem forsterit – fajalit, može se tada razabrati, da netom navedene vrijednosti za $2E_a$ odnosno $2E_o$ ležе posve na lijevoj strani dijagrama, t. j. da se radi o gotovo čistoj Mg-komponenti.

»2. Iz mjerenih kutova $2E_a$ i $2E_o$ može se izračunati pravi kut optičkih osi 2V za tu vrstu olivina po formuli

$$\text{tg } V_a = \frac{\sin E_a}{\sin E_o} = \frac{\sin 42^0\,50'}{\sin 48^0},$$

pa izlazi

$$2\,V = +\,84^0\,54^1/_2{}',$$

što opet leži posve na lijevoj strani Winchellova dijagrama.

»3. Iz pravoga kuta optičkih osi 2V i prividnoga kuta optičkih osi $2E_a$ izmjerenoga među segmentima n = 1,648 može se sada izračunati N_m minerala po formuli

$$Nm = \frac{1{,}648 \cdot \sin 42^0\,50'}{\sin 42^0\,27'\,15''}.$$

Izlazi Nm = 1,6595. Ako se uzme u obzir, da točnost tako dobijene vrijednosti iznosi tek $\pm 0{,}003$, tada je i to u dobrom skladu sa sastavom, kako moramo na nj zaključiti prema 1. i 2.

»4. Na jednom zrnu, koje je gotovo točno odgovaralo presjeku Ng, Np indikatrise, a debljina mu je bila 0,0378 mm, dobio sam, namjestivši točno okomito na os tubusa taj presjek, za dvolom Ng — Np vrijednost

$$Ng - Np = 0{,}0345.«$$

Što se tiče topljivosti minerala olivinske grupe u HCl, poznato je, da je ona ovisna o omjeru izomorfnih komponenata, magnezijske (forsterit) i željezne (fajalit), tako da s porastom željeza raste i topljivost olivina u HCl. S tim je u skladu i topljivost forsterita s nekih ruskih nalazišta, na pr. forsterita iz Zabajkalja od Sljudjanke, pa forsterita iz Nikolae-Maksimilijanovskog rudnika u Nazjamskim gorama, Južni Ural, Zlatoustovski rajon, koji su u HCl netopljivi (u koncetrovanoj H_2SO_4 njihov se prah otapa izlučujući hladetinasti SiO_2).[20] Ali ima forsterita, koji su

[18] *A. N. Winchell:* Elements of optical mineralogy. Third edition. Part II. Descriptions of minerals. New York – London 1933, pag. 191.
[19] *Lj. Barić:* Jedan slučaj točnoga određivanja minerala po teodolitnomikroskopskoj metodi bez poznavanja indeksa loma minerala. Glasnik prirodnjačkog muzeja srpske zemlje. Serija A. Knjiga 4, str. 107. Beograd 1951.
[20] А. Г. Бетехтин: Минералогия, стр. 675. Москва 1950.

u HCl lako topljivi, na pr. oni od Kaiserstuhla u Badenu. Naš forsterit iz Moslavačke gore poklapa se u tom smislu s ovim posljednjim, t. j. lako se otapa u HCl.

Klorit. Pomnijim pretraživanjem izbrusaka pod mikroskopom namjeri se čovjek kadikad na sad uže, sad šire oduljene i posve bezbojne lamele jednog minerala, koji jako podsjeća na muskovit, ali se od njega lako raspoznaje po svojim slabijim interferencijskim bojama. Na tim lamelama jasno se zapažaju smjerom njihove dužine oštre pukotine kalavosti; paralelno njima mineral potamni i njima paralelno optički je negativan.

U prahu, što ostaje iza otapanja u HCl (otapanje se vršilo, dok nije prestalo šumljenje, t. j. dok se nije otopio karbonat, a ostao samo forsterit), može se zapaziti poneki sićušni listić, koji blista sedefastim sjajem. Ti listići pripadaju svakako mineralu, o kome je riječ, a koji se u prerezu okomitom na njih vide kao lamele. U paralelnoj polarizovanoj svjetlosti među unakrštenim nikolima tamni su, a u konvergentnoj jasno se vidi, kako na njima, gotovo okomito, izlazi pozitivna raspolovnica s malim kutom optičkih osi. Teodolitskomikroskopskom metodom određena je na četiri sićušna listića veličina kuta optičkih osi: $2V = +4^0$; $2V = +5^0$; $2V = +7^0$; $2V = +7^0$. Uzrok ovom kolebanju kuta optičkih osi leži u velikoj tankoći listića. Da su listići bili nešto deblji, kolebanja ne bi prelazila jamačno ni preko $^1/_4{}^0$. Prema navedenim osobinama svrstavam ovaj mineral među *klorite.*

Kako je već rečeno, nalazi se ovoga kristalastoga vapnenjaka nanesena u koritu Zorovac potoka (vidi str. 66). U njemu se već golim okom vide srebrnasto blistavi listići jednoga minerala. Izvađeni listići za optičko istraživanje pokazuju pod mikroskopom lijepu interferencijsku sliku s bojadisanim kolobarima, pa se na njima mogao teodolitskomikroskopskom metodom točno odrediti kut optičkih osi; on iznosi: $2V = -5^3/_4{}^0$. To je kloritski mineral, o kome je maločas bilo govora, a na kome su se zbog tankoće listića dobile kolebljive vrijednosti za 2 V.

Granat. Pregledajući izbruske ovoga vapnenjaka, ja sam se namjerio samo u jednome na granat, i to tek na jedan individuum. Taj se javlja kao mali rompski dodekaedar oštrih kristalnih obrisa. Bezbojan je, hrapave površine i potpuno izotropan.

Kemijski sastav ovog forsteritskog kristalastog vapnenjaka pokazuje ova naliza, koju je izvršio V. Križančić:

SiO_2	4,40
FeO	0,53
MgO	12,77
CaO	41,86
CO_2	40,67
H_2O-	0,10
	100,33

Preračunavanjem pojedinih podataka ove analize saznajemo, da se u ovom vapnenjaku nalazi:

Vapnenca ($CaCO_3$)	60,26%	(33,77 CaO, 26,49 CO_2)	
Dolomita ($CaCO_3 . MgCO_3$) .	28,86	(8,09 CaO, 6,91 MgO,	6,34 CO_2)
Forsterita (Mg_2SiO_4) . . .	10,26	(4,40 SiO_2, 5,86 MgO)	7,25 CO_2)
$FeCO_3$	0,85		
H_2O-	0,10		

Iz navedenih podataka kemijske analize razabira se, kako se u ovom kristalastom vapnenjaku razvio uz kalcit, kao njegov glavni sastavak, još i dolomit kao sporedni sastavak. Pojava nazočnosti dolomita očituje se i u topljivosti toga vapnenjaka; u razrijeđenoj, naime, HCl otapa se on vrlo naglo uz jaki šum, koji brzo prestaje, jer se kalcit brzo otopio, pa sad polako teče otapanje uz slabi šum, koji potječe od polaganoga otapanja dolomita, dok se i on ne otopi i dalje teče otapanje forsterita uz izlučivanje sitnog pahuljastoga SiO_2. Prema tome bi ovaj kristalasti vapnenjak bio *dolomitni vapnenjak sa forsteritom.*

Neznatna količina FeO svakako je izomorfna smjesa vezana za kalcit i dolomit, a nikako za forsterit, jer se, otapajući vapnenjak u octenoj kiselini, nalazi u otopini Ca, Mg i Fe.

Kako se ovaj dolomitni vapnenjak nalazi u neposrednom kontaktu sa granitom, jamačno je pretrpio metamorfozu, pri kojoj je došlo i do razvitka forsterita, za postanak kojega je dao materijal dolomit.

Ovo bi bila prva vijest o pojavi forsterita u Jugoslaviji.

(Primljeno u sjednici Odjela za prirodne nauke od 5. II. 1953.)

LITERATURA

1. *Cohen E.*, Andalusitführende Granite. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, II, pag. 178. Leipzig 1887.
2. *Kišpatić M.*, Olivinski gabro iz Moslavačke gore (Hiperstenit). Rad Jugoslavenske akademije, knjiga 83, str. 162. Zagreb 1887.
3. *Kišpatić M.*, Kristalinični trup Moslavačke gore. Rad Jug. akademije, knjiga 95, str. 24. Zagreb 1889.
4. *Kišpatić M.*, Kristalinično kamenje serpentinske zone u Bosni. Rad Jug. akademije, knjiga 133, str. 95. Zagreb 1897.
5. *Koch F.*, Prilog poznavanju Moslavačke gore. Rad Jug. akademije, knjiga 139, str. 1. Zagreb 1899.
6. *Koch F.*, Tumač geologijske karte Ivanić Kloštar i Moslavina, (zona 23, col. XV). Geologijska pregledna karta Kraljevine Hrvatske i Slavonije. Zagreb 1906.
7. *Pilar D.*, Svečana sjednica Jugoslavenske akademije. Rad Jug. akademije, knjiga 68 (VI), str. 208. Zagreb 1883.
8. *Tućan Fran*, Pegmatit u kristaliničnom kamenju Moslavačke gore. Rad Jug. akademije, knjiga 159, str. 166. Zagreb 1904.
9. *Vukotinović Lj.*, Abhandlung über die geologische Beschaffenheit des Moslaviner Gebirges. Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt, III. Jahrgang 1. Heft, pag. 171. Wien 1852.
10. *Vukotinović Lj.*, O moslavačkom granitu i hrastovih u Hrvatskoj. Rad Jug. akademije, knjiga 2, str. 39. Zagreb 1868.
11. *Wolf H.*, Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt, 12 Band, Jahrgang 1861 u. 1862. – Verhandlungen. Heft II. – Sitzung am 1. April 1862. pag. 215.

EIN NEUER BEITRAG ZUR KENNTNIS DER KRISTALLINISCHEN GESTEINE DER MOSLAVAČKA GORA

Die ersten Nachrichten über kristallinische Gesteine der Moslavačka gora stammen von *Lj. Vukotinović* (l. c. 9), der im Jahre 1852, also gerade vor hundert Jahren, eine kleine »Abhandlung über die geologische Beschaffenheit des Moslavinaer-Gebirges« veröffentlicht hat, worin er unter anderem sagt: »Die Centralmasse des ganzen Gebirges besteht aus Gneiss...«, »Der Gneiss ist deutlich geschichtet und vielfältig von Lagern und Gängen von Granit durchsetzt«. Weiters erwähnt er Diorit östlich von Gornja Jelenska, den spätere Forscher nicht vorfanden, weder bei Gornja Jelenska, noch anderswo in diesem Gebirge. Diese Schrift von Vukotinović ist die erste Abhandlung eines hiesigen Forschers auf dem Gebiete der Petrographie, weshalb wir das Jahr 1852 als das Gründungsjahr der Petrographie in Kroatien betrachten.

Fast 10 Jahre nach Vukotinović durchwanderte dies Gebirge (im Sommer 1861) *H. Wolf* (l. c. 11) und erwähnt, dass es ... »in seiner östlichen Hälfte aus Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer und Gneiss besteht, in seiner westlichen Hälfte aber aus feinkörnigem Granit ...« Ausserdem fand er im Mikleuški jarak grosse Blöcke eines Gesteins, welches ihm *F. Zirkel* als Hypersthenfels bestimmte, und Kišpatić bewies, dass es zum typischen Olivingabbro gehört.

Alle erwähnten Angaben sind nur kleine Aufzeichnungen, welche sich grösstenteils auf den Gneis und Granit der Moslavačka gora beziehen, und stammen hauptsächlich aus einer Zeit, in der die Petrographie eine rein beschreibende Wissenschaft war, und es ist klar, dass wir aus ihnen nur äusserst wenig erfahren können von der petrographischen Beschaffenheit dieses Gebirges und von deren kristallinischen Gesteinen. Das erfahren wir durch die petrographischen Forschungen von *M. Kišpatić*, der einigemal das Moslavina-Gebirge umging und dort Gesteinsmaterial sammelte, um es durch neue, kristalloptische Methoden zu untersuchen. Die ersten Resultate dieser seiner Arbeiten enthält die Abhandlung über Olivingabbro (l. c. 2), in welchem er als Hauptgemengteile Labrador, Olivin und Diallag bestimmte, (welch letztere Zirkel nicht erwähnt), während Hypersthen als Nebengemengteil auftritt, gleichwie auch Hornblende (die Zirkel ebenfalls nicht erwähnt), dann Biotit, Pyrit und, als Produkt der Metamorphose, Chlorit. Über die Hornblende sagt er, dass sie durch Metamorphose teils aus Diallag, teils aus Hypersthen entstanden ist. Was die Entstehung dieses Gabbros betrifft, betrachtet ihn Kišpatić nicht als Eruptivgestein, sondern teilt ihn in die kristallinischen Schiefer ein.

Kišpatić fand (1897) Olivingabbro auch am ursprünglichen Fundorte in der Moslavačka gora und zwar im Bache Suhajica (l. c. 5, p. 10).

In einer seiner späteren Arbeiten (l. c. 3) gab Kišpatić ein klares Bild von der petrographischen Zusammensetzung der Moslavačka gora und machte uns bekannt mit jenen Mineralien, welche die dortigen kristallinischen Gesteine bilden, mit ihrer Struktur und ihren Metamorphosen, teilweise auch mit der Genesis, wobei er feststellte, dass sich diese Gesteine entwickelt haben als Andalusitgranit und gemeiner Granit, als Biotit-, Muskovit- und Zweiglimmergneis (teilweise mit Salit und Hypersthen), wie die Biotitschiefer, welche sich »an die Biotitgneise anlehnen, und auch nichts anderes sind als Gneise, in welchen der Feldspat grösstenteils verschwunden ist«; ab und zu sind ins Gefüge dieser Schiefer Salit und Augit eingegangen, und dieser Salit »ist eine sehr interessante Erscheinung, weil er Gneis und Glimmerschiefer mit Salitamphiboliten und Olivingabbros der Moslavačka gora in Beziehung bringt«. Die Amphibolite entwickelten sich fast durchwegs als Salitamphibolite und enthalten neben Salit auch gemeine Hornblende, nebenbei erscheint auch Aktinolithschiefer, in welchem sich »eine neue Art von Aktinolith befindet, welche vielleicht verdienen würde mit einem neuen Namen bezeichnet zu werden« (l. c. 3, p. 49).

Unter den Mineralbestandteilen dieser kristallinischen Gesteine bestimmte Kišpatić: Quarz, Orthoklas, Mikroklinperthit, Oligoklas, Labrador, Biotit, Augit, Salit, Diallag, Hypersthen, gemeinen Amphibol, eine neue Art Amphibol, Turmalin, Granat, Titanit, Apatit, Zirkon, Rutil und Pyrit.

Die Moslavačka gora untersuchte noch *F. Koch*, und zwar vom geologischen Standpunkte, erwähnt jedoch keine kristallinischen Gesteine, welche nicht schon bei Kišpatić vorzufinden wären (l. c. 5, 6). In diesem Gebirge entwickelten sich auch Pegmatitgänge, die *F. Tućan* untersuchte (l. c. 8).

1. GEMEINER GABBRO

Kišpatić (sowie auch Koch) hat in der Moslavačka gora nur Olivingabbro angetroffen. Der Autor untersuchte die Granite in der Umgebung von Novo Selo im Hajdučki jarak, sowie unter Podgarić, auf der rechten Seite des Podgarićki Baches, d. h. zwischen den Mündungen der Bäche Hajdučki jarak und Zorovac in den Podgarićki Bach. Im Hajdučki jarak hat der Autor grosse Blöcke erratischen Gabbros angetroffen, in denen unter den Mineralgemengteilen kein Olivin vorhanden war.

Das ist ein körniger, sehr zäher Gabbro. Im Dünnschliff unter dem Mikroskop sieht man Labrador, Diallag, Hornblende und Biotit als Hauptgemengteile und Ilmenit, sowie Pyrit als Nebengemengteile.

Labrador ist der hauptsächlichste Mineralgemengteil. Er durchdringt zackig Diallag, Hornblende und Biotit. Zuweilen erscheint er idiomorph, wobei er mit seinen Terminalflächen in den Diallag eindringt. Ebenso durchdringen einander einzelne Labradorindividuen. Er ist sehr frisch. Grösstenteils ist er dicht erfüllt von feinem Staub, welcher als schwache Trübung erscheint. Dieser nimmt die Mittelteile des Labradors ein, wogegen die Teile zu den Rändern ganz rein sind. Bei einer 500 maligen Vergrösserung zeigt es sich, dass diese schwache Trübung von winzigen Körnern herrührt, welche unregelmässig verteilt sind. Zuweilen, aber selten, sind sie in parallele Reihen eingeteilt. Unter diesen zahlreichen Körnern befinden sich viele kleine, sehr dünne Stäbchen, schütter eingereiht in parallele Reihen, von denen einige parallel zur Richtung der Albitlamellen verlaufen, oder zur Richtung der Spaltrisse, andere senkrecht auf diese Richtung, und wieder andere schräg zwischen diesen zwei Richtungen verlaufen. Man kommt leicht auf den Gedanken, dass diese Stäbchen Rutilmikrolithe sein könnten. Von Einschlüssen findet man noch Biotit in Form von Lamellen und winzigen prismatisch verlängerten Kriställchen mit Umrissen von (110) und (010), ferner Hornblende, von welcher ein winziges Kriställchen mit Umrissen von (110) bemerkt wurde, dann Ilmenit, Pyrit, sowie selbst Labrador.

Durch theodolitmikroskopische Untersuchungen[1] wurde an einem Feldspatkorn gefunden, dass es aus 58% (62%, 61%) *an* mit $2V=-74^0$ besteht, an anderen aus 58% (60%, 60%) *an* mit $2V = + 83^1/_2{}^0$.

Diallag kommt in groben, unregelmässigen, schwach fleischroten Individuen mit ziemlich klarem Pleochroismus vor. Es finden sich Individuen, welche (besonders am Rande) aus farblosen Teilen bestehen, und zuweilen ein Korn, welches volkommen farblos ist. Eingeschlossen begegnen kleine, schwarze nadelförmige Ilmenitmikrolithe, welche gegliedert sind als dünne, dicht gedrängte Linien in parallelen Reihen, zuweilen überhäuft mit winzigen schwarzen Körnern. Ziemlich oft kommen Labradoreinschlüsse vor, von diesen sind einige kurzsäulenförmig, andere stengelig, oder breit und prismatisch verlängert, sowie auch unregelmässig körnig. Bei einigen sind die prismatischen Terminalumrisse gerade Linien, wobei an anderen auch Korrosionswirkungen zu beobachten sind. Ausserdem finden sich auch Biotit-, Hornblende-, Ilmenit- und Pyriteinschlüsse. Er dringt zackig in Labrador und Biotit ein, aber auch selbst Diallag in Diallag. Er war einer ziemlichen Metamorphose in stengeligen, zuweilen auch faserigen Amphibol unterworfen, der bläulichgrün, braun oder farblos ist. Durch theodolitmikroskopische Untersuchung wurde an einem Zwillinge bestimmt: der optische Achsenwinkel $2V=+55^0$; die Auslöschungsschiefe $c \wedge Ng=36^3/_4{}^0$; an einem anderen Zwillinge $2V=+54^0$, $c \wedge Ng=38^0$. Bei einem anderen Individuum war $2V=+57^0$ und $c \wedge Ng=38^0$; beim dritten $2V=+52^0$, $c \wedge Ng=34^0$, beim vierten $c \wedge Ng=36^0$.

[1] Alle Untersuchungen mit dem Theodolitmikroskop wurden von *Lj. Barić* ausgeführt, für wessen Mitarbeit ich ihm auch bei dieser Gelegenheit vielen Dank ausspreche.

Amphibol ist zweiartig und sehr verbreitet. Eine Art ist offenbar sekundär, entstanden, wie gesagt, durch Metamorphose aus Diallag. Das sind stengelige Aggregate, die als kompakte Individuen erscheinen, aber bei stärkerer Vergrösserung (500 Mal) klar ihre Faserstruktur zeigen. Einige sind farblos, andere weisslich, bläulich, gräulich oder grünlichbläulich. Bei einigen zeigt sich der Pleochroismus sehr deutlich, und zwar in einer Richtung bläulichgrünlich, und senkrecht auf diese Richtung blassgrünlich; bei anderen tritt er sehr schwach in Erscheinung. Die Auslöschungsschiefe schwankt zwischen 10 bis 19^0. Als Einschlüsse erscheinen in diesem Amphibol ungleichförmige Körner von Labrador, etwas Ilmenit, ab und zu ein Biotitblättchen, oder eine Biotitlamelle, dann winzige, schwarze kurze Stäbchen und schwarze Nadeln in paralleler Stellung zur Richtung der Stäbchen und Fasern des Amphibols, ferner schwarze Körner, von denen einige senkrecht zur Richtung der Stäbchen und Nadeln liegen.

Die andere Amphibolart ist so braun, dass sie sehr ähnlich dem Biotit ist. Sie erscheint in lappigen kompakten Individuen, teilweise scharf vom Diallag getrennt, in den sie so eingedrungen ist, als wenn sie eingeschlossen wäre. Teilweise dringt sie zackig in den Diallag, Labrador und Biotit ein, aber auch untereinander: ein Amphibolindividuum ins andere. Bei stärkerer Vergrösserung (500 Mal) sieht man, dass er nicht kompakt ist, sondern aus faserigen Aggregaten besteht, die parallel gestellt und untereinander fest gedrängt sind.

Obgleich man im Dünnschliff Amphibol finden kann, welcher an der Berührungsfläche mit dem Diallag scharf von ihm getrennt ist, so ist auch solcher zu finden, wo diese scharfe Grenze zwischen dem einen und dem anderen Mineral nicht vorhanden ist; im braunen Teile, nämlich dem Amphibol, sieht man Diallagteile, deren Absonderungsklüfte mit den Absonderungen übereinstimmen, die in geringen Mengen auch im Amphibol vorkommen, wo es scheint, als ob dieser eingeschlossene Diallag ein Rest seiner Metamorphose wäre. Aber man findet auch im braunen Amphibol eingeschlossenen Diallag, wo die Diallagrisse sich in einer ganz anderen Lage befinden als jene im Amphibol. Es gibt auch ganz frischen Diallag, bei welchem sich durch die Mitte, von einem Ende zum anderen, ein nicht gerade breiter Teil von Hornblende erstreckt und zwar so, dass die Absonderungsschraffen im Diallag ohne Unterbrechung den Amphibol durchlaufen, was für die Metamorphose des Diallags in Amphibol sprechen würde. Zuweilen sieht man wieder, wie brauner Amphibol den Diallag durchzieht wie eine, gegenüber diesem Mineral, klar umgrenzte Ader.

Amphibol ist nicht immer gleichförmig braun; es finden sich auch Teile, die aus farblosen Stäbchen zusammengesetzt sind, sowie auch Teile, welche von bläulicher Farbe sind. Im Amphibol finden sich Einschlüsse von Labrador in stengeliger Form und in unregelmässigen Körnern, stellenweise durch Korrosion abgerundet und mit einer schmalen Zone belegt, die aus winzigen anisotropen Körnern besteht. Auch findet man zuweilen ein Biotitblättchen oder eine Lamelle. Stellen-

weise ist er überhäuft mit schwarzen Körnern in parallelen Reihen; bei starker Vergrösserung (500 Mal) sind braune Biotitblättchen und enge Stäbchen zu unterscheiden, einige mit zackigen Umrissen (Ilmenit), ferner sind noch winzige schwarze Körner vorzufinden, teilweise mit Umrissen verzerrten hexagonalen Kriställchen.

Durch Untersuchungen des braunen Amphibols mit der theodolit-mikroskopischen Methode wurde an einem Korn gefunden $2V = 90^0$, $c \wedge Ng = 19^0$, Pleochroismus $\parallel Ng$ = grünlichbraun, $\parallel Nm$ = rötlichbraun, $\parallel Np$ = bräunlich; an einem anderen Korn $2V = -85^0$, $c \wedge Ng = 18^0$; an einem dritten Korn $c \wedge Ng = 15^1/_4{}^0$, Pleochroismus: $\parallel Ng$ = intensiv braun, $\parallel Np$ = hellbräunlich; an einem vierten Korn $2V = -85^1/_2{}^0$, $c \wedge Ng^1/_4 14^0$, Winkel der beiden Spaltungsflächen $= 124^0$; an einem fünften Korn $2V = -89^0$, $c \wedge Ng = 18^1/_2{}^0$.

Nach ihren optischen Eigenschaften gehören beide Amphibolarten in die Aktinolithgruppe.

Was die Entstehung des Amphibols im Gabbro aus dem Hajdučki jarak bei Novo Selo betrifft, ungeachtet dessen, dass er von brauner Farbe ist, so ist diese Entstehung, wie man aus der Darstellung seines Verhältnisses zum Diallag entnehmen kann, an eine Metamorphose (Uralitisation) dieses Minerals gebunden, und so würde sich die Meinung von Kišpatić über den sekundären Ursprung des Amphibols im Olivingabbro der Moslavačka gora bestätigen.

Biotit. Während dieses Mineral im Olivingabbro der Moslavačka gora sehr selten vorkommt, ist es, neben Labrador, Diallag und Amphibol, der Hauptgemengteil des Gabbros aus dem Hajdučki jarak, wenngleich es der Menge nach zurücksteht gegenüber den drei erwähnten Mineralien. Er hat sich mit allen charakteristischen Eigenschaften des Biotits entwickelt. Man findet ihn, durch Spaltung in schmale Lamellen zerfallen, die am Ende faserartig auseinander laufen. An einigen sieht man, wie der Biotit in den Labrador eindringt, wobei dieser seinerseits wieder tief den Biotit durchdringt, ebenso in Diallag und Amphibol, und zwar so, dass sie gegenseitig zackig verbunden sind, desgleichen selbst in Biotit und Ilmenit. Der Biotit erscheint auch als Einschluss im Labrador, Diallag und Amphibol, wobei er selbst etwas Diallag und Ilmenit einschliesst.

Ilmenit. Weder Kišpatić noch Zirkel erwähnen Ilmenit im moslaviner Olivingabbro. Im Gabbro des Hajdučki jarak ist er häufig zu finden. Er entwickelte sich in jenen bekannten Bildungen, welche durch unregelmässige, vielfach gezackte und gelappte Umrisse gekennzeichnet sind. Überwiegend ist er opak, doch sieht man auch an manchen grösseren Blättchen bei stärkerer Vergrösserung (500 Mal), dass er das Licht hindurchlässt in bemerkbarer Farbe. Stellenweise dringt er zackig in Feldspat, Biotit und Amphibol ein, so dass diese Minerale untereinander zackig verbunden sind. Er kommt, wie schon erwähnt, ständig eingeschlossen in anderen Mineralgemengteilen vor.

Pyrit erscheint ziemlich häufig in kleinen Körnern, an denen sich manchmal schwach entwickelte hexaedrische Umrisse zeigen. – *Apatit* wurde im moslaviner Olivingabbro nicht festgestellt. Im Gabbro des Hajdučki jarak kommt er vor, jedoch sehr selten, so habe ich nur ein Korn im Schnitte senkrecht zur optischen Achse angetroffen. Seine Grösse ist $0{,}55 \times 0{,}28$ mm. Es zeigt die charakteristischen optischen Eigenschaften des Apatites.

Die chemische Analyse siehe Seite 83 I.

Aus den chemischen Ergebnissen geht hervor, dass sich in der Moslavačka gora auch gemeiner Gabbro entwickelt hat.

Wenn wir die Struktur dieses Gabbros berücksichtigen, ferner das gegenseitige Verhältnis seiner Mineralgemengteile, kommen wir zum Schlusse, dass sich ihre Entwicklung nicht nach den Rosenbuschschen Regeln der Kristallisation von Mineralien aus dem Magma gerichtet hat. Hier kann man die Kristallisationsfolge der einzelnen Mineralien aus dem Magma nicht betrachten, wie es bei den Mineralien der Eruptivgesteine der Fall ist. Die Mineralien dieses Gabbros durchdringen einander und schliessen sich gegenseitig ein, was dafür spricht, dass sie sich gleichzeitig entwickelt haben. Diese Erscheinung der gleichzeitigen Kristallisation war auch einer von den Gründen, die Kišpatić zu dem Schlusse veranlassten, die Gabbros nicht als Eruptivgesteine anzusprechen, sondern als Glieder der kristallinischen Schiefer, als primäre Gesteine, d. h. als solche, die nicht durch metamorphische Prozesse entstanden sind (l. c. 4, p. 223).

2. QUARZGABBRO

Zur selben Zeit, d. h. im Jahre 1946, als der Autor die Granitsteinbrüche unter Podgarić untersuchte, stiess er auf einen primären Fundort von Quarzgabbro. Dieser befindet sich im Granitsteinbruch in unmittelbarer Berührung mit dem Granit selbst, linkerseits der Mündung des Hajdučki jarak in den Podgarićki potok (Bach). Wie der moslaviner Granit, der stellenweise mehr oder weniger verwittert ist, so ist auch der Quarzgabbro verwittert und zwar in solchem Umfange, dass er zerfällt und sich leicht zerkleinern lässt. In diesem zerfallenen Material befinden sich grössere kugelförmig abgerundete Stücke, das Ergebnis kugelförmiger Absonderung. Diese kugelförmigen Stücke sind ganz frisch und sehr zähe, so dass es schwer gelingt von ihnen Teile loszuhauen als Muster für die Sammlung. An der Berührungsstelle zwischen Quarzgabbro und Granit sieht man im Gabbro dünnere Adern, zusammengesetzt aus Quarz und Feldspat. Gabbro gibt es auch am ursprünglichen Fundort in unmittelbarer Nähe linksseitig des Baches Hajdučki jarak, oberhalb seiner Mündung in den Podgarićki Bach.

Die Oberfläche der kugelförmigen Stücke dieses Gabbros ist voll von kleinen Vertiefungen, wie solche zu bemerken sind, z. B. am Lherzolith oder Olivingabbro, wahrscheinlich jenen Stellen, aus denen die Mineralgemengteile verschwunden sind (wie z. B. Olivin im Lherzolith). Auf der Oberfläche abgebrochener Teile zeigt sich die ganze Frische des Gesteins, das mattgrau und mittelkörnig ist und so stark an Gabbro erinnert. Im Dünnschliff unter dem Mikroskop wurden folgende Minerale festgestellt: Plagioklas, Amphibol, Biotit, Pyroxen, Apatit, Ilmenit, Zirkon und Granat.

Plagioklas hat sich grösstenteils mit unregelmässigem Korn entwickelt und weniger in breiteren, oder engeren, prismatisch verlängerten Kristalloiden, die einander gegenseitig, oder aber Amphibol, Biotit und Quarz durchdringen. Am häufigsten erscheint er in Zwillingslamellen nach dem Albitgesetz, hie und da in Kombination mit Periklinlamellen. Stellenweise ist er von Verwitterung erfasst, deren Produkt als mattgrauer Staub zu sehen ist, der unregelmässig verteilt ist, oder sich zusammengefasst in Reihen befinden, parallel zu den Albitlamellen oder Spaltrissen. Bei starker Vergrösserung (500 Mal) sieht man, dass es kleine Blättchen sind, die sich aus dem Plagioklas durch ihre Brechung hervorheben und in lebendigen Farben interferieren. Ich halte sie dem Muskovit angehörig.

Der grössere Teil von Plagioklas ist ganz frisch. Da sie einem grossen Gebirgsdrucke ausgesetzt waren, zeigen die Plagioklase undulöse Auslöschung. Einige sind zonar gebaut. An Einschlüssen ist im Plagioklas sehr häufig Amphibol vorzufinden; zuweilen sind das grössere unregelmässige Körner, aber man stösst auch, den Dünnschliff bei starker Vergrösserung (500 Mal) beobachtend, auf winzige Kriställchen von Amphibol, mit scharfen Umrissen von (110) und Kombinationen von (110) und (010); ein Amphibolindividuum wurde mit eingeschlossenem Feldspat bemerkt, in welchem wieder ein winziges Amphibolkriställchen mit abgerundeten Kristallumrissen eingeschlossen war. Sehr häufig sind Einschlüsse von Apatit, Pyrit, etwas Biotit, und selbst Plagioklas, dann Ilmenit und sehr selten Zirkon, schliesslich sehr viele stäbchen – und nadelartige Einschlüsse, parallel gestellt in der Weise wie beim Gabbro aus dem Hajdučki jarak.

Der Plagioklas gehört zu Andesin-Labradorgruppe; mit der theodolitmikroskopischen Methode wurden an fünf körnern folgende Ergebnisse erhalten:

Erstes Korn: $V_1V_2 = +88^1/_2{}^0$, *an* 37%, 38%. – Zweites (zonares Korn): der Kern *an* 59%, die Schale *an* 38%. – Drittes (zonares Korn): $2V = +75^1/_2{}^0$ a) der Kern *an* 52%, b) Kern und Schale: $V_1V_2 = +74^3/_4{}^0$; Kern *an* 50%, 53%, Schale $2V = +84^0$, *an* 41%, 39%. – Viertes Korn (Kern und Schale): $V_1V_2 = +77^1/_4{}^0$, Kern *an* 55%, Schale $V_1V_2 = +87^1/_2{}^0$, *an* 36%.

Amphibol ist nach Feldspat der hauptsächlichste Gemengteil. Er erscheint in unregelmässigen lappigen Individuen, die in Feldspat, Biotit und Quarz eindringen, diese ihrerseits wieder in Amphibol, und auch einzelne Amphibolindividuen ineinander. Diese Mineralien, die sich gegenseitig durchdringen, haben abgerundete Umrisse. An Einschlüssen befindet sich im Amphibol: Feldspat, Biotit, Quarz, Pyroxen, Apatit und Ilmenit. DieFeldspateinschlüsse sind vollkommen frisch, mit abgerundeten Umrissen, was auf seine Korrosion hinweist.

Amphibol ist von starkem Pleochroismus: Ng = grünlichbraun, Nm = gräulichbraun, Np = fahlbraun; an einem anderen Individuum ist Ng = gräulichbraun, Nm = bräunlich, Np = fahlbräunlich, am dritten Ng = gräulichgrünlich, Nm = bräunlich, Np = fahlbräunlich. Mit der theodolitmikroskopischen Methode wurde an einem Zwillinge $2V = -79$ und $c \wedge Ng$ ca. 15°, an einem anderen Individuum $c \wedge Ng = 15^0$ bestimmt.

Biotit hat sich in ziemlicher Menge entwickelt. Er grenzt an andere Mineralgemengsteile (Feldspat, Amphibol, Quarz und Ilmenit). Sehr häufig ist er im Amphibol eingeschlossen, in geringer Menge im Feldspat und Ilmenit. In ihm sieht man als Einschlüsse winzige frische Körner von Feldspat, Ilmenit, Amphibol, Apatit, und selbst Biotitlamellen von besonderer Orientation gegenüber dem Individuum, in dem sie eingeschlossen sind. Stark ausgeprägt ist der Pleochroismus: In der Richtung der Spaltbarkeit dunkelbraun, senkrecht dazu hellbraun bis gelblichbraun.

Quarz erscheint ebenfalls in etwas grösseren Mengen. Er hat sich in unregelmässigen Körnern entwickelt und in Berührung mit anderen Mineralgemengteilen drängt er in sie ein, und diese wieder in ihn. Er schliesst Amphibol und Apatit ein. Stellenweise sieht man in ihm blasige Einschlüsse mit bewegter Libelle; er zeigt schwache undulöse Auslöschung.

Pyroxen ist ziemlich häufig. Er kommt grösstenteils im Amphibol eingeschlossen vor, und zwar gewöhnlich in seinen mittleren Teilen. An einem Pyroxenkorn sieht man, wie es an seinen äusseren Teilen in Amphibol übergeht, und man könnte diesen als ein Sekundärprodukt von Pyroxen betrachten. Mit der theodolitmikroskopischen Methode wurde an einem Korn bestimmt $2V = +56^0$ und $c \wedge Ng = 42^0$.

Ilmenit ist ziemlich verbreitet. Ab und zu sieht man, wie Biotit in ihn eindringt. Er findet sich eingeschlossen in Feldspat, Amphibol und Biotit. In einem grösseren Korn wurde eine abgerundete Biotit-Lamelle, sowie ein Amphibolkörnchen beobachtet. – *Apatit* kommt sehr häufig vor, grösstenteils als Einschluss in Feldspat, Amphibol, Biotit und Quarz. – *Pyrit* begegnet man öfters und zwar vorwiegend in Feldspat und Amphibol. – *Zirkon* ist sehr selten. In einem Dünnschliff habe

ich zwei Kriställchen vorgefunden. Durch theodolitmikroskopische Untersuchungen (die Lj. Barić ausführte) wurden folgende Werte ermittelt:

Gemessen, bezw. abgelesen aus den Stereogrammbeobachtungen:	In der Literatur wird angeführt:
1. $(110):(1\bar{1}0) = 91^0$	90°
2. $(110):(311) = 36^0$	$36^\circ 41'$
3. $(311):(100) = 31^1/_2$	$31^\circ 43'$
4. Optischer Charakter +	+
5. $\varepsilon - \omega = 0{,}0545$ an das Präparat von der Dicke (0,0304!) mm	0,05—0,06

Damit im Einklang befinden sich das ausgeprägte Relief des Minerals und die Interferenzfarben im Dünnschliff, sowie auch dass in der Interferenzfigur mehrere Ringe zu sehen sind. Die Fläche (100), unter 3. angeführt, die am Kristall nicht vorkommt, wurde durch Konstruktion im Beobachtungsdiagramm durch Teilung des Winkels $(110):(1\bar{1}0)$ festgestellt, wodurch auch die Grösse dieses Winkels abgelesen werden konnte.

Granat ist sehr selten, wurde nur in einem Individuum als Einschluss in der Form eines idealausgebildeten Rhombendodekaeder festgestellt.

Die chemische Zusammensetzung dieses Quarzgabbros s. Seite 83 II.

Gewichtige Gründe bewogen mich diese Gesteine in Gabbroid- und nicht in Dioritgesteine einzureihen. Erstens ist es ihre Struktur, die sich wesentlich, nicht nur von der Struktur der Dioritgesteine, sondern von der Struktur der Eruptivgesteine überhaupt unterscheidet, welche, wie dies beim Gabbro der Fall ist, seine ausserordentliche Festigkeit und Zähigkeit bedingt. Die Minerale in diesem Gabbro entwickelten sich gerade so, wie im gemeinen Gabbro unter Podgarić, d. h. sie unterlagen nicht der Rosenbuschschen Regel der Kristallisation des Magmas. Mineralgemengteile durchdringen einander gegenseitig, was auf gleichzeitige Entwicklung hinweist, die basischeren Minerale schliessen die saureren ein, z. B. Amphibol schliesst Plagioklas und Quarz, Ilmenit Biotit ein. Zur Zugehörigkeit dieses Gesteins dem moslaviner Gabbro würden auch jene winzige stäbchen- und nadelförmigen Einschlüsse im Plagioklas sprechen, die durch ihr Auftreten vollkommen übereinstimmen mit derartigen Einschlüssen im Plagioklas des Olivingabbro aus dem Mikleuški jarak und des gemeinen Gabbros unter Podgarić.

In der mineralogischen Zusammensetzung der Gabbros, als typisch basischer Gesteine, findet sich Quarz nicht vor, hingegen hat sich in diesem Gestein dieses Mineral in etwas grösserer Menge entwickelt. Es ist jedoch bekannt, dass sich in einigen Gabbros auch Quarz als untergeordneter Gemengteil vorfindet u. zw. in jenen Gabbros, die den Übergang zu den Dioriten bilden. Und so, wie sich aus einem basischeren Magma ein Gabbro mit Olivin – Olivingabbro entwickeln kann, so aus einem etwas saurerem Magma auch dieser mit Quarz, den ich als *Quarzgabbro* bezeichnet habe.

Auch die chemische Zusammensetzung dieser Gesteine, die dem miharaitischen Typus angehören, erlaubt diese unter Gabbrogesteine einzureihen. Das sind Gesteine aus dem Magma gabbroid-dioritischen Typus, deswegen bestehen auch, wie bekannt, allmähliche Übergänge vom Gabbro zum Diorit, und umgekehrt vom Diorit zum Gabbro. Das hier behandelte Gestein ist ein Grenztypus von Gabbro.

3. ANDALUSITSILLIMANITBIOTITSCHIEFER

Im oberen Lauf des Jaska-Baches habe ich ausserordentlich zähe mattgraue grössere Stücke eines Gesteins vorgefunden, das durch sein Äuseres an etwas dichten Gabbro erinnert. Das Gestein ist feinkörnig, fast dicht, lässt sich sehr schön polieren, wobei es ein fast schwarzes Aussehen annimt. Es ist aus folgenden Mineralen zusammengesetzt:

Feldspat ist der überwiegende Gemengteil. Er entwickelte sich in unregelmässigen Körnern, in denen grösstenteils keine Zwillingslamellen vorkommen. Er enthält, hier mehr, dort weniger winzige, unregelmässige, staubähnliche Körnchen. Er ist überfüllt von Biotiteinschlüssen, welche stellenweise unregelmässig, aber auch regelmässig erscheinen, ab und zu als verzerrte hexagonale Blättchen, als kurze Stäbchen, oder in prismatischer Form, gewöhnlich mit einem schmalen schwarzen Umhang umrandet, oder aber als längliche Lamellen gebildet sind. Als Einschluss findet sich im Feldspat Quarz in Form von elliptisch abgerundeten winzigen Körnern vor; teilweise begegnen in diesen Körnern auch kreisförmig abgerundete Biotitblättchen mit schmalem schwarzen Umhang; stellenweise sind diese eingeschlossenen Körner korrodiert. Unter den Einschlüssen finden sich auch abgerundete Körner selbst von Feldspat, Sillimanitnadeln, Andalusitkörner, abgerundete Körner von Ilmenit, faseriger Muskovit und abgerundete Zirkonkörner mit starkem schwarzen Rand. Die Feldspatkörner sind untereinander, sowie mit den anderen Mineralbestandteilen zackig verbunden, d. h. sie dringen gegenseitig ein u. zw. überwiegend mit abgerundeten Umrissen. An einzelnen Feldspatkörnern ist undulöse Auslöschung zu beobachten.

Mit der theodolitmikroskopischen Methode wurde an fünf Körnern bestimmt, dass sich der Feldspat als Andesin entwickelt hat, wie dies aus folgenden Ergebnissen hervorgeht:

Erstes Korn: $2V = +89^0$; *an* 38%, 39%. – Zweites Korn (Zwilling): Individuum 1: $V_1V_2 = +86^1/_2{}^0$, Individuum 2: $V_1V_2 = +85^1/_2{}^0$; *an* 36%, 38%, 39%. – Drittes Korn: $2V = \pm 90^0$; *an* 39%; $L' \wedge S = 90^0$; $\sigma = 3^1/_2{}^0$. – Viertes Korn: Individuum 1: $2V = +84^1/_2{}^0$; *an* 36%, 37%, 38%; Individuum 2: $2V = 85^1/_2{}^0$, *an* 39%, 43%. – Fünftes Korn: $2V = -89^0$; *an* 38%.

Quarz bleibt durch seine Menge stark hinter dem Feldspat zurück. Er entwickelte sich in unregelmässigen Körnern, die in Feldspat, Biotit und Andalusit eindringen, und diese wieder in ihn. An Einschlüssen sieht man abgerundete Feldspatkörner, Biotitblättchen mit manchmal abgerundeten hexagonalen Umrissen, etwas Ilmenit und winzige Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglicher Libelle, gewöhnlich in Reihen gestellt. Er zeigt undulöse Auslöschung.

Biotit ist nach Feldspat der in grössten Mengen vorkommende Gemengteil; durch ihn hat das Gestein eine dunkelgraue Farbe. Er entwickelte sich in unregelmässigen lappigen Blättchen, ferner in verlängerten Individuen, in engeren oder breiteren Lamellen und Stengeln ohne Terminalflächen, aber in der Längsrichtung der scharfen Umrisse. Er kommt auch in faserigen, fest geschlossenen Aggregaten vor. An den länglichen Individuen sieht man zuweilen, dass er an den Rändern parallel mit dem faserigen Muskovit zusammengewachsen ist. Stellenweise sieht man aus Muskovit zusammengesetzte faserige Aggregate, in ihren Mittelteilen aus Biotit bestehend, so dass wir zum Schlusse kommen könnten, dass Biotit in faserigen Muskovit übergegangen ist; diesen Übergang des Biotites in faserigen Muskovit kann man manchmal auch an den Enden länglicher Biotitblättchen beobachten. Der Pleochroismus ist stark ausgeprägt: in der Richtung der Spaltrisse ist er rötlichbraun, senkrecht zu dieser Richtung fahlgelblich bis farblos. In etwas dickeren Dünnschliffen finden sich verlängerte winzige Blättchen und kurz stäbchenartige Individuen (mit Terminalflächen), welche in der Langsrichtung rot, senkrecht zu dieser Richtung bläulichgrün erscheinen. Er kommt in Feldspat, Andalusit und auch etwas in Quarz eingeschlossen vor. Er selbst schliesst zackige Körner von Ilmenit ein. An der Berührung mit Feldspat und Quarz sieht man, wie er in sie eindringt mit abgerundeten Umrissen, und diese wieder in ihn.

Andalusit ist ziemlich verbreitet. In einigen Dünnschliffen ist er wenig, in anderen massenhaft vorzufinden. Er entwickelte sich in unregelmässigen Körnern, die zackig in den Feldspat eindringen und dieser wieder in Andalusit. In sehr dünnen Dünnschliffen ist er farblos, in etwas dickeren sieht man seinen Pleochroismus, u. zw. entweder in der Längsrichtung des Individuums, oder in der Richtung der Spaltbarkeit fleischrot und senkrecht zu dieser Richtung farblos.

Mit der theodolitmikroskopischen Methode wurde an einem Korn festgestelt $2V = -84^0$; an einem anderen $2V = -84^0$ bis -86^0; an einem dritten $2V = -85^0$ bis -86^0; an einem vierten $2V = -87^0$; Doppelbrechung (bestimmt an einem Dünnschliff von der Dicke 0,1037 mm) $\gamma - \alpha = 0{,}0096$. Er ist voll von Einschlüssen winziger Körner. Ausserdem schliesst er winzige Blättchen und schmale Lamellen von Biotit ein, welche manchmal auch als dünne, kurze Stäbchen mit abgerundeten Terminalflächen erscheinen, ferner unregelmässige Feldspatkörner, die zuweilen oval abgerundet sind, sodann abgerundete Zirkonkörner und Sillimanitstengelchen. Diese sind zuweilen parallel mit Andalusit verwachsen, so dass die Kristallachsen des einen und des anderen Minerals gleich orientiert sind.

Sillimanit hat sich in ziemlicher Menge auch in einzelnen Individuen entwickelt als schmale Stengeln und winzige Nädelchen, an denen manchmal eine Querabsonderung, an anderen Stengeln aber scharfe Spaltrisse zu sehen sind. Zuweilen kommt ein Stengel vor mit pyramiden Terminalflächen auf einer Seite. In einem Dünnschliff wurde ein grösseres Korn Andalusit mit winzigen Einschlüssen von Sillimanit bemerkt, u. zw. im Schnitt senkrecht zur ersten Mittellinie, die mit der Achse *c* übereinstimmt; die Einschlüsse zeigten scharfe Kristallumrisse. Mit der theodolitmikroskopischen Methode (Lj. Barić) wurden folgende Ergebnisse ermittelt: 1. An der Beckeschen-Linie ersieht man, dass der Brechungsindex grösser als jener beim Andalusit ist, in den er eingeschlossen ist. – 2. Die optische Achsenwinkelfläche stimmt mit der Spaltungsfläche überein, und diese ist beim Sillimanit (010). – 3. Der Winkel zwischen der Normale auf die Spaltungsfläche und der Normale auf die Terminalfläche des Kornes wurde durch Ablesung aus dem Beobachtungsstereogramm mit $45^1/_2{}^0$ bestimmt, und dies bedeutet, dass die Terminalfläche den Flächen des Grundprismas des Sillimanits (110) entsprechen. – 4. Unter den Segmenten mit dem Brechungsindex $n = 1{,}648$ wurde gefunden, dass $2V = +30^1/_2{}^0$. – 5. Das Korn im Dünnschliff war von der Grösse 0,08 mm; die übrigen Körner waren noch kleiner.

Muskovit hat sich in parallelen und fächerigen Aggregaten entwickelt. – *Ilmenit* kommt sehr häufig vor. Er erscheint grösstenteils in zackigen und lappigen Individuen, manchmal auch als Einschluss im Feldspat, Biotit und Andalusit, seltener im Quarz; selbst schliesst er ab und zu winzige Körner von Feldspat ein. – *Zirkon* findet sich als Einschluss im Feldspat vor, u. zw. in Kriställchen mit Kristallumrissen, welche elliptisch abgerundet sind. – *Granat* ist sehr selten.

Die chemische Analyse siehe Seite 83 III.

Durch seine chemische Zusammensetzung steht dieses Schiefergestein abseits von den Eruptivgesteinen. Durch seine Mineralzusammensetzung (Andalusit, Sillimanit, Granat) ist es ein typisches Kontaktmetamorphgestein. Von den Eruptivgesteinen trennt es auch seine Struktur, die eine Folge gleichzeitiger Kristallisation der Mineralbestandteile ist, in der die einen die anderen einschliessen und gegenseitig durchdringen. Von den Glimmerschiefern trennt es das Fehlen der Parallelstruktur, sowie auch seine Mineralzusammensetzung, gerade so, wie es diese Zusammensetzung vom Gneis absondert.

Da sich dieser Andalusitsillimanitglimmerschiefer in der Nähe von Granit befindet, ist es wahrscheinlich, dass dieser die Metamorphose eines an Tonmaterial reichen Gesteines (z. B. Tonschiefer) verursacht hat, welches das Material zur Entwicklung von Andalusit und Sillimanit hergab.

4. FORSTERITFÜHRENDER KRISTALLINISCHER KALKSTEIN

Keiner der Erforscher der geologisch-petrographischen Zusammensetzung der Moslavačka gora erwähnt in seinen Abhandlungen in diesem Gebirge kristallinischen Kalkstein vorgefunden zu haben. In seiner Karte »Petrographisches Bild des Moslaviner Gebirges« hat Lj. Vukotinović, bei der Erklärung der angewandten Farben, auch »grobkörnigen Kalkstein« eingetragen. Wo sich dieser im Gebirge befindet, kann man aus der erwähnten Karte nicht mehr entnehmen, da die zur Bezeichnung verwendeten Farben derart verblasst sind, dass man sie voneinander nicht unterscheiden kann.

Ich habe im Jahre 1946 im Zorovac-Bach, in der Nähe des Hajdučki jarak, einen längst aufgelassenen Steinbruch vorgefunden, wo sich kristallinischer Kalkstein in unmittelbarer Nähe von Granit befindet. Das ist ein mittelkörniger Kalkstein von weisslichgräulicher Farbe. Im Dünnschliff unter dem Mikroskop sieht man unter den Kalcitkörnern eine Menge Forsterit, der vielfach in abgerundeten Körnern auftritt, zuweilen mit ovalen Umrissen, aber auch mit abgerundeten Kristallumrissen vorkommt. Das sind prismatische, kurz verlängerte Individuen mit Terminalflächen. An einigen Körnern erscheint die deutliche Spaltbarkeit in der Richtung (010). Er ist farblos. Mit der theodolitmikroskopischen Methode (Lj. Barić) wurden unter den Segmenten mit dem Brechungsindex $n = 1{,}648$ folgende Werte für Achsenwinkel gefunden: $2E_a = +85^0$; $+85^0$; $+86^1/_2{}^0$; $+86^1/_4{}^0$; $+85^3/_4{}^0$; mittlerer Wert $+85^2/_3{}^0$; $2E_o = 95^3/_4{}^0$; $-96^1/_4{}^0$; mittlerer Wert -96^0.

Aus den gemessenen Winkeln $2E_a$ und $2E_o$ bekommt man den wahren Winkel $2V = +84^0\,54^1/_2{}'$. Aus den 2V und $2E_a$ wurde $N_m = 1{,}6595$ berechnet, und an einem Korn $N_g - N_p = 0{,}0345$ erhalten.

In HCl ist er leicht löslich, wobei SiO_2 in Flocken ausscheidet.

Durch genaue Untersuchung der Dünnschliffe unter dem Mikroskop findet man zuweilen engere oder breitere Chloritlamellen, welche ganz farblos sind. An diesen bemerkt man klar, in ihrer Längsrichtung erscheinende, scharfe Spaltungsrisse mit paralleler Auslöschung. Parallel zu diesen Spaltrissen sind die Lamellen optisch negativ. Im Pulver, das nach der Lösung in HCl übrigbleibt, sind zuweilen winzige Blättchen mit Perlmutterglanz bemerkbar. Im parallelpolarisierten Licht zwischen gekreuzten Nicols, fast senkrecht zu ihnen, sieht man die positive Bisektrix mit kleinem Achsenwinkel. Mit der theodolitmikroskopischen Methode (Lj. Barić) wurde an vier Blättchen der sehr kleine Achsenwinkel bestimmt: $2V = +4^0$; $2V = +5^0$; $2V = +7^0$; $2V = +7^0$.

Bei etwas dickeren Blättchen würde die Variation sicherlich kaum $^1/_4{}^0$ betragen haben.

In einem Dünnschliff wurde ein *Granat* bemerkt, ein kleines Rhombendodekaeder mit scharfen Kristallumrissen.

Aus der chemischen Analyse (siehe Seite 83 IV) ersieht man, dass sich in diesem kristallinischen Kalkstein auch etwas Dolomit entwickelt

hat, das wäre forsteritführender Dolomitkalkstein. Die winzige Menge FeO rührt jedenfalls von einer isomorphen Mischung im Kalzit und Dolomit her, nicht aber vom Forsterit, weil sich beim Lösen des Kalksteins in Essigsäure in der Lösung Ca, Mg und Fe befinden.

Da sich dieser Dolomitkalkstein in unmittelbarem Kontakt mit Granit befindet, so hat er sicher eine Metamorphose in kristallinischen Dolomitkalkstein durchgemacht, wobei es zur Bildung von Forsterit kam, zu deren Entstehung der Dolomit das Material (Mg) hergab.

Dies wäre die erste Nachricht über das Auftreten von Forsterit in Jugoslawien.

Die chemischen Analysen:

	I.	II.	III.	IV.
SiO_2	49,23	53,67	53,67	4,40
TiO_2	0,88	1,30	1,45	—
Al_2O_3	18,09	17,91	26,18	—
Fe_2O_3	2,10	2,70	2,03	—
FeO	6,13	2,70	8,73	0,53
MnO	0,10	0,12	0,16	—
MgO	8,03	5,45	3,02	12,77
CaO	11,20	8,76	1,07	41,86
CO_2	—	—	—	40 67
Na_2O	3,11	3,33	1,24	—
K_2O	0,98	1,34	1,86	—
P_2O_5	0,07	0,26	0,05	—
H_2O-		0.07	0,13	0.10
H_2O+	0,53	0,51	0,87	—
	100,45	100,27	100,46	100,33

I. Gemeiner Gabbro von Hajdučki jarak. Analyse von V. Križančić.

II. Quarzgabbro von Hajdučki jarak. Analyse von M. Tajder.

III. Andalusitsillimanitbiotitschiefer, von Jaska-Bach. Analyse von V. Križančić.

IV. Forsteritführender kristallinischer Kalkstein vom Zorovac-Bach.

Analyse I. siehe auch Seite 50.
Analyse II. siehe auch Seite 56.
Analyse III. siehe auch Seite 64.
Analyse IV. siehe auch Seite 68.

LJUDEVIT BARIĆ

LUDLAMIT IZ RUDNIKA STARI TRG (TREPČA) KOD KOSOVSKE MITROVICE

UVOD

Prigodom geološkog savjetovanja u mjesecu veljači 1952. god. donio mi je kolega ing. Boris Tribusson iz rudnika Stari Trg (Trepča) prozirni mineral svijetlozelene boje. Istraživanja, koja sam izvršio, pokazala su, da se tu radi o veoma rijetkom mineralu ludlamitu, koji se dosad spominje tek na nekoliko mjesta na Zemlji.

Prvi opis toga minerala dali su F. Field i N. S. Maskelyne na sjednici Kristalografskoga društva u Londonu od 15. XII. 1876. (lit. 1) na temelju svojih istraživanja izvršenih na materijalu nađenom u rudniku Wheal Jane kod Truro u Cornwallu (Engleska), gdje se ludlamit javlja zajedno s kremenom, sideritom, vivijanitom, piritom, arsenopiritom, galenitom, sfaleritom i fluoritom. Opis sadržava kemijsku analizu minerala (analitik Flight), zatim prikaz njegovih kristala i neka optička svojstva. Nedugo iza toga iznio je Maskelyne (lit. 2) reviziju kristalografskih elemenata i novi pregled izračunatih kutova za ludlamit, budući da se u izračunavanja navedena u prvom radu uvukla jedna pogreška.

Nekoliko godina kasnije spominje W. J. Lewis (lit. 3) bez detaljnijih podataka nalaz toga minerala kod Stösgena blizu Linza na Rajni. Četvrt stoljeća iza toga navodi R. L. Codazzi (lit. 4, pag. 487) svijetlozelene monoklinske listiće rombičnoga izgleda, koji se savršeno kalaju jednim smjerom. Oni dolaze kao inkrustacija u pješčenjacima kod San Cristobal kod Bogote zajedno s tamnomodrim prizmama vivijanita i prema Codazziju treba ih svakako ubrojiti u ludlamit.

1919. godine daje H. Buttgenbach (lit. 5) prve vrijednosti za dvolom ludlamita iz Cornwalla. Indekse loma za ludlamit iz toga nalazišta prvi put navodi E. S. Larsen (lit. 6, pag. 223); on usto još spominje, da je mineral optički pozitivan, a kut optičkih osi velik ($2V = +82^0$).

1925. godine objavljuje F. Müllbauer svoj rad o novom mineralu leneritu (lit. 7, pag. 323 i 331—332) nađenom u pegmatitima kod Hagendorfa (Bavarska), na kojemu je odredio kristalografske elemente, zatim neka optička svojstva (pozitivan karakter dvoloma, ravnina optičkih osi je drugi pinakoid) i kemijsku analizu. Još iste godine se na to osvrnuo H. Berman (lit. 8), koji je odredivši za lenerit indekse loma, karakter disperzije kuta optičkih osi i specifičnu težinu te pokušavši drugačije protumačiti kristalne forme nađene od Müllbauera na leneritu zaključio, da su lenerit i ludlamit identični. Taj je Bermanov zaključak kasnije u potpunosti potvrđen rentgenografskim istraživanjima C. W. Wolfea (lit. 9 i 10), koji je utvrdio, da su rentgenogrami ludlamita iz rudnika Palermo, New Hampshire (USA), zatim ludlamita iz Cornwalla i lenerita od Hagendorfa identični. Istražujući ludlamit iz netom spomenutoga novoga nalazišta (Palermo mine) Wolfe je odredio prostornu grupu za ludlamit i veličinu elementarne ćelije, koje se elementi gotovo idealno podudaraju sa kristalografskim elementima određenim po Maskelyneu (lit. 2, pag. 382.)) Od optičkih svojstava odredio je Wolfe indekse loma, kut optičkih osi, optički karakter i karakter disperzije kuta optičkih osi. Osobito je važna konstatacija Wolfea o tom (lit. 10, pag. 95 i 96), da iz čisto strukturnih razloga ludlamit ne može biti bazični hidratizirani ferofosfat, kako bi to slijedilo iz Flightove kemijske analize (lit. 1, pag. 68) materijala iz Cornwalla, odnosno iz Müllbauerove analize (lit. 7, pag. 332) materijala od Hagendorfa, jer se u elementarnu ćeliju onih dimenzija, kako ih je odredio Wolfe, ne bi mogli smjestiti svi atomi kompliciranih formula toga minerala, kako bi one izlazile iz tih analiza. Naprotiv, tu se radi o jednostavnom ferofosfatu sa 4 molekule kristalne vode, $Fe_3[PO_4]_2.4H_2O$, i kemijska analiza materijala iz rudnika Palermo, koju je izvršio F. Gonyer (lit. 10, pag. 96), u dobrom je skladu sa tim. – U prvom od svoja dva spomenuta rada (lit. 9, pag. 212) Wolfe spominje i ludlamit iz Smith Quarry u Aleksandriji, New Hampshire bez ikakvih daljih podataka.

Kratko vrijeme poslije Wolfeovih radova opisuju J. J. Glass i J. S. Vay (lit. 11) ludlamit iz još jednoga nalazišta u Sjedinjenim Američkim Državama i to iz distrikta Blackbird, Lemhi County, Idaho. Tu se ludlamit javlja prisno udružen s tamnomodrim kristalima vivijanita i s piritom, kremenom i kalcitom u otvorenim žilnim šupljinama i u žilicama u sulfidnoj rudi, koja se sastoji od pirotina, halkopirita, pirita i kobaltina uz malo saflorita, turmalina, apatita, tinjaca i karbonata. Iza kratkoga opisa kristala autori za taj ludlamit daju i optička svojstva, na pr. indekse loma, kut optičkih osi i t. d.

Ludlamit od Hagendorfa spominje u svom najnovijem topografskom opisu pegmatita od Hagendorf–Pleysteina zasnovanom na nauci o ležištima i H. Strunz (lit. 12, pag. 82, 86 i 90). Po njemu ludlamit ovdje genetski jasno ide među sekundarne fosfate, koji su nastali u starijoj fazi hidratizacije primarnih fosfata (trifilin, triplit, triploidit, volfeit, apatit i manganapatit) izlučenih istodobno s pegmatitnim kremenom i glinencem. Reakcije hidratizacije bile su potaknute naknadnim probojima termalnih voda duž pukotina ohlađivanja. Za sam opis pojedinih minerala, pa vjerojatno i ludlamita kaže autor da će ga dati tek u daljim publikacijama.

Ako se spomene još, da se u trećem apendiksu šestoga izdanja poznatoga Daninoga udžbenika sistematske mineralogije (lit. 13, pag. 46) kratko navodi Fukuchijev podatak o jednom željeznom fosfatu iz bakarnih rudnika Ashio, Shimotsuke, Japan, koji je bliz ludlamitu, tad bi to ukratko bilo sve, što sam u pristupačnoj mi literaturi mogao naći o ludlamitu. Iz toga kratkoga prikaza može se razabrati, da je to vrlo rijedak mineral, kojemu su svojstva dosta oskudno istražena. Da se po mogućnosti upotpuni poznavanje toga minerala, htio bih ovdje iznijeti rezultate istraživanja, koje sam izvršio na materijalu iz rudnika Stari Trg (Trepča) kod Kosovske Mitrovice.

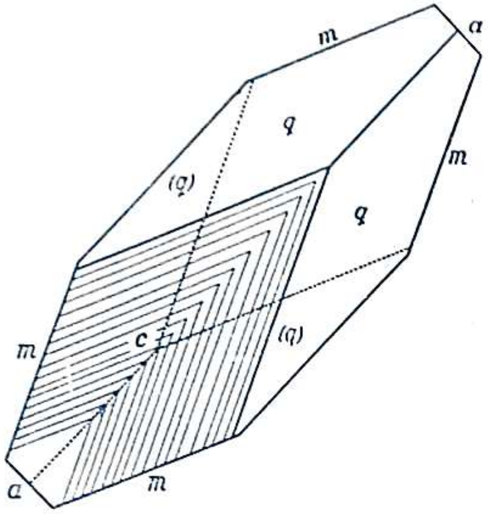
I. OPIS MINERALA I NJEGOVA KRISTALOGRAFSKA SVOJSTVA

Primjerci, koje sam dobio na istraživanje, nađeni su na južnom krilu rudišta u petom horizontu dubinskih radova, kojemu nadmorska visina iznosi 375 m. Radi se o dva primjerka, od kojih je jedan bio velik oko 1 cm. Taj se primjerak sastojao od nekoliko sitnih kristala ludlamita izraslih na glavnom individuumu toga minerala. Pri detaljnijem razgledavanju glavnoga individuuma pod lupom moglo se utvrditi, da on zapravo predstavlja gotovo paralelno srastanje brojnih manjih individua.

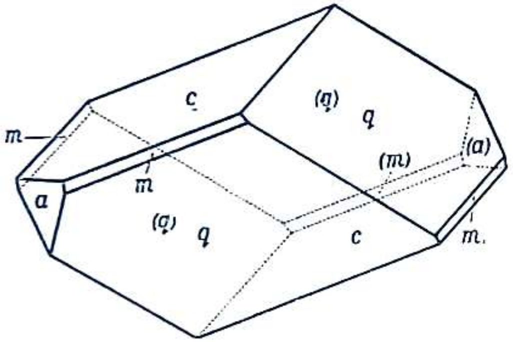
Drugi za polovicu manji primjerak ludlamita toliko je vredniji, što se tu uz ludlamit jasno vidi i podloga, povrh koje je on izrastao. Podlogu predstavlja dio debelo pločastoga kristala sasma svježega, nerastrošenoga pirotina sa sjajnom ponešto izbočenom, savinutom bazom i jako horizontalno isprutanom postranom plohom jedne strme bipiramide. Na bazi vrlo rijetko, a na postranoj plohi naprotiv veoma često nalazimo povrh pirotina prirasle sićušne, jedva 0,1—0,2 mm velike kristale halkopirita. Povrh tih sulfida izrasli su 1—2 mm veliki kristali smeđasto obojenoga ankerita, koji prekrivaju veći dio baze pirotina, i sasma odvojen od njih kristal svijetlozelenoga ludlamita, kojemu su plohe vrlo neravne i isprutane izuzev plohe (100), koja je savršeno ravna i veoma sjajna. Namjestimo li zgodno kristal, da nam usprkos prutanju i neravnosti njegovih ploha bude moguće pogledati u njegovu unutrašnjost, tad ćemo se uvjeriti, da je on u unutrašnjosti savršeno čist i proziran. Budući da u gornjim višim dijelovima rudišta taj mineral uopće nije bio nađen i budući da on u dubljem dijelu rudišta, gdje je sad prvi put pronađen, dolazi izrastao povrh sasma svježega pirotina i halkopirita, isključeno je, da bi se tu radilo o mineralu nastalom djelovanjem površinskih voda, koje su descenzijom dospjele u dublje dijelove rudišta noseći u sebi fosfatione, t. j. njihovim djelova-

njem na željezne sulfide rudišta (pirotin, pirit). Treba naprotiv smatrati, da je ludlamit ovdje nastao iz toplih voda pri kraju hidrotermalne faze.

Goniometrijska mjerenja izvršena su pomoću dvokružnoga refleksnoga goniometra na tri 2—3 mm velika kristala ludlamita iz Staroga



Sl. 1 a



Sl. 1 b

Trga. Na taj je način utvrđeno, da od ukupno 10 formi, koliko su ih na ludlamitu iz Cornwalla pronašli Field i Maskelyne (lit. 1, pag. 68), na kristalima iz Staroga Trga (Trepča) dolaze samo ove četiri forme: c(001), a(100), q($\bar{1}$11) i m(110). Izgledom se trepčanski kristali, od kojih je jedan prikazan na sl. 1, nešto razlikuju od kristala iz Cornwalla. Forma m(110) utvrđena je u obliku vrlo uskih ploha samo na jednom od izmjerenih kristala, a forme c(001), a(100) i q($\bar{1}$11) javljaju

se na svakom kristalu. Plohe (001) i ($\bar{1}$11) su velike, a plohe (100) nešto su manje. Plohe (100) uvijek su glatke i veoma sjajne kao i na kristalima iz Cornwalla, pa ih po tomu možemo odmah prepoznati na kristalima. Plohe (001) pokazuju na sebi dva sistema prutanja paralelno svojim bridovima sa ($\bar{1}$11). Ta dva sistema ne zalaze jedan preko drugoga, nego svaki od njih ide samo do duže dijagonale plohe (001), koja odgovara prvoj osi [100] ludlamita. U toj se dijagonali oni sastaju otprilike onako, kako su to Field i Maskelyne utvrdili na kristalima iz Cornwalla (lit. 14). Plohe ($\bar{1}$11) pokazuju jedan sistem prutanja paralelno svom bridu sa (001). Zbog tih prutanja vrijednosti za kutove među pojedinim plohama dosta kolebaju. Jedan kut, i to (100) : (001) uspio sam ipak na kristalima iz Staroga Trga vrlo točno izmjeriti. Zbog izvrsne kalavosti ludlamita smjerom (001) pošlo mi je, naime, za rukom načiniti nekoliko kalotina s prirodnom plohom (100) toliko izvrsnih, da su signali pri mjerenju na goniometru kako sa savršeno glatke prirodne plohe (100), tako i s otkalane plohe (001) bili idealni. Na tri takve kalotine, koje su mi kasnije poslužile i za optička istraživanja, dobio sam za kut (001) : (100) ove vrijednosti

$$79^0\,31'$$
$$79^0\,30'$$
$$79^0\,28'$$

ili u sredini (001) : (100) = $79^0\,30'$. Ta se vrijednost veoma dobro slaže s vrijednošću $79^0\,27'$, koju su na kristalima iz Cornwalla odredili Field i Maskelyne (lit. 1, pag. 68 i 382) i s vrijednošću $79^0\,24'$, koju je rentgenometrijski za taj kut našao Wolfe (lit. 10, pag. 95) na ludlamitu iz Palermo Mine.

II. OPTIČKA ISTRAŽIVANJA

1. Međusobni odnos elemenata optičke indikatrise i geometrijskih elemenata za ludlamit iz Staroga Trga (Trepča)

Prvi zadatak, koji treba pri istraživanju optičkih svojstava ludlamita kao monoklinskoga minerala riješiti, sastoji se u tome, da se odredi, u kakvom međusobnom odnosu stoje geometrijski elementi toga minerala prema elementima njegove indikatrise Ng (γ), Nm (β) i Np (α). U tu svrhu poslužio sam se savršeno ravnim kalotinama smjerom plohe (001) priredivši od njih mikroskopske preparate, koje sam istražio teodolitnomikroskopskom metodom pomoću Leitzove aparature (stativ CM i univerzalni stolić UT4). Preparati spomenute orijentacije omogućili su, ako je na kalotinama ostala i prirodna ploha (100), da se jednoznačno odredi međusobni odnos geometrijskih i optičkih elemenata,

kako se to može razabrati iz razlaganja, koje slijedi. Sva su mjerenja izvršena među segmentima s indeksom loma 1,648 odnosno 1,6476 za Na-svjetlo, kako sam to posebno odredio. Ti su segmenti osobito zgodni za mjerenja ludlamita zbog toga, jer njihov indeks loma dobro odgovara jakosti loma za ludlamit, zbog čega nije bilo potrebno pri manjim nagibima oko osi A_2 univerzalnoga stolića vršiti nikakvih korektura. Za veće nagibe, kakve sam morao vršiti oko osi A_4 univerzalnoga stolića, da bih optičku os A, koja je u preparatima navedene orijentacije pristupačna opažanju, namjestio u sredinu vidnoga polja, izvršio sam korekturu očitanih vrijednosti na skali osi A_4 na ovaj način: očitane nagibe oko osi A_4, koji odgovaraju prividnom položaju optičke osi A u staklu segmenata s indeksom loma 1,6476 za Na-svjetlo, smanjio sam na pravi nagib te optičke osi u mineralu uzevši za indeks loma minerala 1,6669. To je naime, kako će se kasnije potanje vidjeti, indeks loma Nm ludlamita za Na-svjetlo. Mjerenja pomoću univerzalnoga stolića UT4 vršio sam u bijelom danjem svjetlu ili u bijelom svjetlu jake električne žarulje izuzev nagibe oko osi A_4 instrumenta potrebne za određivanje položaja optičke osi A, koji su vršeni u Na-svjetlu. Kao izvor za Na-svjetlo služila je Leitzova osramnatrijska spektralna svjetiljka.

U preparatima ludlamita iz Staroga Trga (Trepča) priređenim od kalotina smjerom (001) dali su se vrlo oštro i točno izmjeriti položaji optičkih smjerova Ng i Nm; kod ovoga posljednjega išlo je to direktnim promatranjem interferencijske figure u konvergentnom svijetlu. Veoma točno dao se u konvergentnom svijetlu u dijagonalnom položaju preparata odrediti i nagib oko osi A_4 instrumenta pri određivanju prividnoga položaja optičke osi A u staklu segmenata, za koji je uvijek uzeta srednja vrijednost iz 4 pojedinačna određivanja nagiba. Kao podatak za prosuđivanje točnosti može poslužiti to, da je pritom maksimalna razlika između dva pojedinačna čitanja na skali osi A_4 univerzalnoga stolića obično iznosila $^1/_4{}^0$, a vrlo rijetko dosezala $^1/_2{}^0$. Od geometrijskih smjerova mjerenjem je bio određivan položaj normale na prirodnu plohu (100), a položaj normale na (001) u stereogramu opažanja bio je unesen u središte stereograma, jer se ta normala u preparatima spomenute orijentacije podudara s normalom na preparat. U stereogramu opažanja bio je konstruiran i položaj kristalne osi c=[001] na taj način, da se na meridijanu kroz polove ploha (001) i (100), koji odgovara ravnini drugoga pinakoida (010), konstruirala točka 90^0 udaljena od pola (100). Nakon toga mogle su se iz stereograma opažanja očitati sferne koordinate geometrijskih smjerova ⊥ (100), ⊥ (001) i [001] prema elementima Ng, Nm i Np optičke indikatrise kao koordinatnim osima, pričem je uvijek čitan oštri kut. Ujedno se mogla očitati i veličina kuta optičkih osi 2V. Podaci dobiveni na 4 preparata navedeni su u tabeli I, u kojoj je slovom N označeno, da je odnosni geometrijski element – kod nas na pr. ⊥ (001) – određen kao normala na ravninu preparata, a slovom K, da je geometrijski element – kod nas na pr. ⊥ (100) – određen kao terminalna ploha u preparatu. U tabeli je navedena i veličina za kut (100) : (001) = $180^0 - \beta$, kako je očitana iz stereograma opažanja. U

zadnjem desnom stupcu zabilježena je i debljina svakoga preparata. Od spomenuta 4 preparata na posljednjem preparatu nije bilo terminalne plohe (100) tako, da su se na njemu mogle odrediti sferne koordinate prema Ng, Nm i Np samo za smjer ⊥ (001).

Tabela I.

Preparati smjerom (001)

Ludlamit — Stari Trg (Trepča) n_{Na} segmenata = 1,6476

Nr.	⊥ (001)	⊥ (100)	[001]	(100) : (001) = $180^0 - \beta$	2 V	Debljina u mm
1	N 78^0 ; 90^0 ; 12^0	K 22^0 ; 90^0; 68^0	68^0 ; 90^0; 22^0	80^0	$+82^0$	0,3409
2	N $77^3/_4{}^0$; 90^0 ; $12^1/_4{}^0$	K 23^0 ; 90^0; 67^0	67^0 ; 90^0; 23^0	$79^1/_4{}^0$	$+83^1/_2{}^0$	0,0733
3	N $77^2/_3{}^0$; $89^1/_2{}^0$; $12^1/_2{}^0$	K $22^1/_3{}^0$; 90^0; $67^2/_3{}^0$	$67^2/_3{}^0$; 90^0; $22^1/_3{}^0$	80^0	$+82^1/_2{}^0$	0,1320
4	N $78^1/_2{}^0$; $89^1/_2{}^0$; $11^1/_2{}^0$				$+84^0$	0,1603
Srednja vrijednost	N 78^0 ; $89^3/_4{}^0$; 12^0	K $22^1/_2{}^0$; 90^0; $67^1/_2{}^0$	$67^1/_2{}^0$; 90^0; $22^1/_2{}^0$	$79^3/_4{}^0$	$+83^0$	

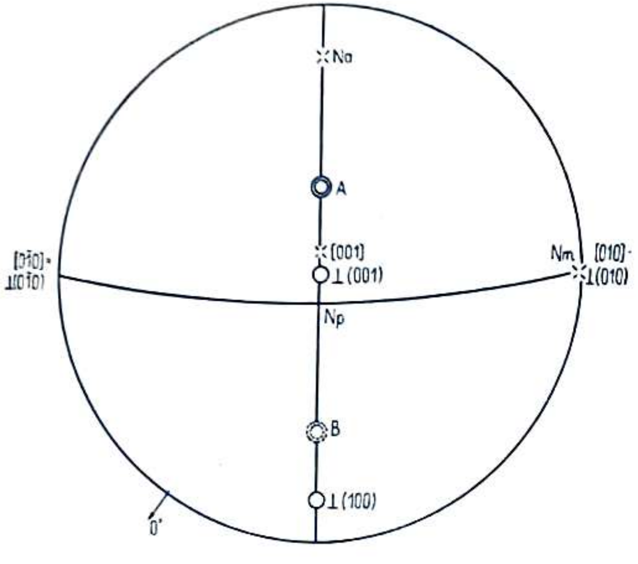
Da bi rezultati sadržani u tabeli I bili jasniji, ne će možda biti na odmet, da se detaljnije opiše stereogram opažanja za jedan preparat, na pr. za onaj, čiji su podaci sadržani u spomenutoj tabeli pod brojem 3. Taj je preparat bio načinjen od kalotine, na kojoj je goniometrijski – kako je to navedeno pod I – izmjeren kut (100) : (001) = $79^0 28'$. Položaji za smjerove Ng, Nm, optičku os A i ⊥ (100) određeni su mjerenjem uz ova čitanja na osima A_1, A_2 i A_4 univerzalnoga stolića:

$$Ng = 125^1/_2{}^0 \rightarrow 12^1/_3{}^0$$
$$Nm = 215^1/_3{}^0 \leftarrow \quad ^1/_2{}^0$$
$$A = +\ 36^3/_4{}^0;\ \text{korig.}\ +\ 36^1/_4{}^0$$
$$\perp (100) = 125^1/_4{}^0 \leftarrow 10^0$$

Pritom neka bude napomenuto, da su tu podaci dobiveni mjerenjem ubilježeni onako, kako je to opisano u lit. 15, pag. 29.

Iz stereograma opažanja (sl. 2) odmah se razabira, da smjerovi ⊥ (100), ⊥(001), [001], zatim Ng i Np zajedno s obje optičke osi A i B leže u meridijanu okomitom na drugu os [010] ludlamita, t. j. ravnina optičkih osi je drugi pinakoid (010). Optička os B, koja zbog velikoga nagiba nije više bila pristupačna direktnom mjerenju, konstruirana je u stereogramu opažanja na taj način, da je od smjera Np prema ⊥ (100) nanesen kut NpB = NpA (na sl. 2 označeno crtkanim kružićem). Vidi se nadalje, da Ng izlazi u šiljastom kutu β, t. j. da je uz ispravnu kristalografsku postavu ludlamita taj smjer nagnut gore od gledaoca prema nazad zatvarajući s osi c = [001] kut od $67^2/_3{}^0$, kako se to vidi iz tabele I. U šiljastom kutu β izlazi i optička os A, a optička os B izlazi u

tupom kutu β. Na taj je način jednoznačno utvrđen međusobni položaj geometrijskih i optičkih elemenata za ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča).



Sl. 2.

Pri kraju neka bude spomenuto, da se pri teodolitnomikroskopskim istraživanjima nije usprkos jakim nagibanjima univerzalnoga stolića mogao utvrditi ni najmanji znak za pleohroizam ovoga ludlamita.

2. *Indeksi loma*

Za određivanje glavnih indeksa loma poslužila mi je savršeno ravna kalotina smjerom (001) duga gotovo 5 mm, a široka 3 mm. Određivanja su izvršena pomoću Kleinova totalreflektometra (lit. 16, slika 628, pag. 652) uz temperaturu 21,5° C u monohromatskom svijetlu pojedinih linija živina linijskoga spektra i u Na-svijetlu. Kao izvor za Na-svijetlo služila mi je već spomenuta osramnatrijska svjetiljka tvrtke E. Leitz, Wetzlar. Za rastavljanje intenzitetom jakoga svijetla živine svjetiljke u spektar poslužio mi je svjetlosno jaki univerzalni spektrometar s Rutherfordovom prizmom tvrtke C. A. Steinheil Söhne, München. Iz dobivenoga spektra bile su pojedine linije, i to žutozelena (λ = 5460,7 Å) i indigomodra (λ = 4358,3 Å) izlučene pomoću procijepa u dalekozoru instrumenta. Svijetlo crvene linije živina spektra s valnom dužinom 6907,5 Å dobio sam na taj način, da sam svijetlo te svjetiljke propuštao direktno kroz crveni filter RG5 tvrtke Schott, Jena, koji propušta samo svijetlo većih

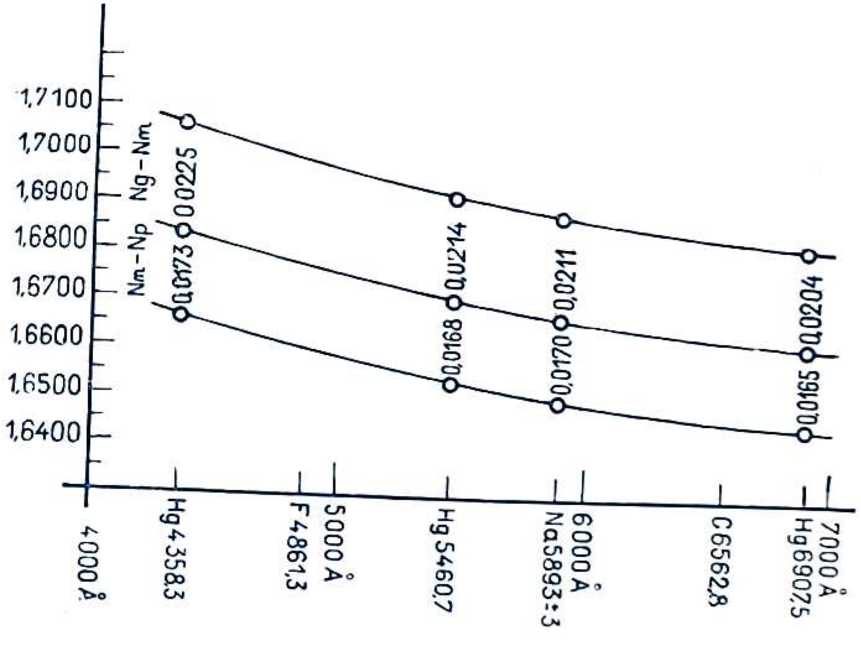
valnih dužina od 6500 Å. Rezultati izvršenih određivanja sabrani su u tabeli II, u kojoj su sadržani i podaci za dvolome Ng–Np, Ng–Nm i Nm–Np onako, kako oni izlaze računom iz određenih indeksa loma.

Tabela II.

Ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča)

λ u Å	Ng	Nm	Np	Ng—Np	Ng—Nm	Nm—Np
6907,5	1,6821	1,6617	1,6452	0,0369	0,0204	0,0165
5893,0 ±3,0	1,6880	1,6669	1,6499	0,0381	0,0211	0,0170
5460,7	1,6915	1,6701	1,6533	0,0382	0,0214	0,0168
4358,3	1,7058	1,6833	1,6660	0,0398	0,0225	0,0173

Svaki indeks loma u toj tabeli određen je iz 10 pojedinačnih čitanja na skali totalreflektometra. Srednja pogreška svakoga pojedinoga određivanja za Ng, Nm i Np iznosi ± 0,0002 izuzev za svijetlo crvene Hg-linije (λ = 6907,5 Å), gdje je ta pogreška dvaput veća (± 0,0004). Grafički prikaz rezultata navedenih u tabeli II daje slika 3, iz koje se jasno razabira disperzija loma za ludlamit.



Sl. 3.

3. Dvolom

Vrijednosti za dvolome glavnih prijesjeka indikatrise sadržane u tabeli II izlaze suptrakcijom iz pojedinih indeksa loma. Kontrole radi odredio sam, međutim, dvolom Ng–Nm i metodom kompenzatora na preparatima priređenim od kalotina smjerom (001). U tu sam svrhu izmjerio debljinu kalotine pomoću Leitzova planimeterokulara postavivši kalotinu okomito na mikroskopski stol. Da odredim još i razliku u hodu, odredio sam u preparatu mjerenjem pomoću univerzalnoga stolića položaje smjerova Ng i Nm. Iz stereograma opažanja načinjenoga izatoga moglo se utvrditi, koliko i kako treba nagnuti preparat, da bi se smjer Np minerala pokrio s osi tubusa mikroskopa. Namjestivši tako Np izmjerio sam razliku u hodu na tri preparata Berekovim kompenzatorom. Iz poznate razlike u hodu R, zatim iz određene debljine preparata e i konačno iz kuta ϑ, koji čini smjer Np s normalom na preparat, očitanoga iz stereograma opažanja, dobiva se dvolom Ng–Nm po formuli

$$Ng - Nm = \frac{R \cdot \cos \vartheta}{e} .$$

Mjerenja razlike u hodu izvršena su u Na-svijetlu. Dobiveni rezultati predočeni su u tabeli III.

Tabela III.

Dvolom Ng–Nm za ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča) određen metodom kompenzatora u Na-svijetlu.

Nr.	Debljina e u mm	Razlika u hodu R u mμ	Kut ϑ	Ng—Nm
1	0,07326	1620	$12^1/_4{}^0$	0,0216
2	0,042117	921	12^0	0,0214
3	0,069757	1503	10^0	0,0212
			Srednja vrijednost	0,0214

Srednja je vrijednost ovih određivanja 0, 0214 u vrlo dobrom skladu s dvolomom Ng–Nm za Na-svijetlo sadržanim u tabeli II, koji iznosi 0,0211.

Na preparatu navedenom u tabeli III pod Nr. 1 izvršena su pomoću Berekova kompenzatora povrh toga i određivanja razlike u hodu za svijetlo crvene, žutozelene i indigomodre linije živina spektra. Dobiveni su pritom rezultati navedeni u tabeli IV, u koju su potpunosti radi iz tabele III uneseni i rezultati za Na-svijetlo.

Tabela IV.

Dvolom Ng–Nm određen metodom kompenzatora za različna spektralna područja. e = 0,07326 mm, $\vartheta = 12^1/_4{}^0$.

λ u Å	Razlika u hodu R u mμ	Ng—Nm
6907,5	1552	0,0207
5893±3	1620	0,0216
5460,7	1642	0,0219
4358,3	1709	0,0228

Rezultati tabele IV u skladu su dakle s odnosnim rezultatima navedenima u tabeli II. Kako iz jedne, tako i iz druge od tih tabela zapaža se dosta znatan porast dvoloma Ng–Nm idući od dužih prema kraćim valnim dužinama spektra. Disperzija je parcijalnoga dvoloma Nm–Np, za koju imamo podatke samo iz tabele II, međutim mnogo manja. To će se razabrati i kod relativne disperzije, ako je prema Ehringhausu (lit. 16, pag. 136) izrazimo omjerom između dvoloma za D-liniju spektra i razlikom dvoloma za spektralne linije F i C. Za ludlamit iz Staroga Trga (Trepča) dobit ćemo za Ng–Nm omjer 16, a za Nm–Np 32. Pritom su dvolomi za linije C i F uzeti grafičkom interpolacijom prema vrijednostima sadržanim u tabeli II. Slično za dvolom Ng–Np izlazi vrijednost 20.

Relativna disperzija glavnih indeksa loma samih je međutim jednaka. To ćemo lako razabrati, ako izračunamo koeficijent disperzije ili Abbeov broj

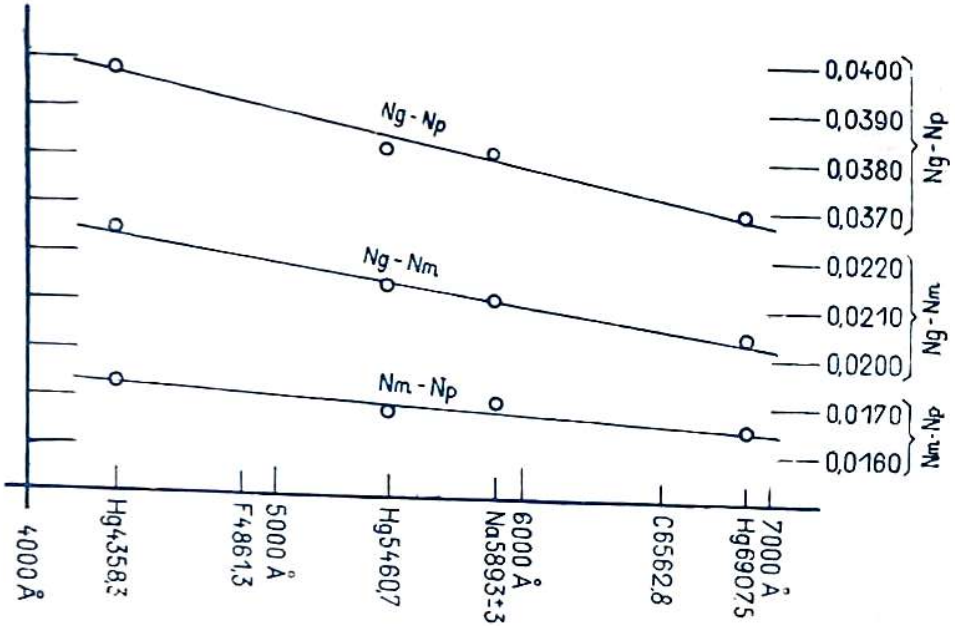
$$\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} .$$

Za Ng, Nm i Np izlaze redom ove veličine: 45, 47 i 47.

Disperzije dvoloma mogu se pratiti u slici 3, gdje su prema tabeli II na ordinatama pojedinih spektralnih linija direktno ubilježene vrijednosti za dvolome Ng–Nm i Nm–Np. Grafički prikaz disperzije za sva tri glavna dvoloma prema tabeli II daje slika 4.

Napomenuti treba ovdje, da se pri određivanju razlike u hodu pomoću Berekova kompenzatora za crvenu, žutozelenu i indigomodru liniju živina spektra nametnulo i rješavanje zadatka, da se odrede konstante toga kompenzatora, odnosno logaritam tih konstanata za svijetlo netom spomenutih spektralnih linija i to radi toga, jer se za svaki Berekov kompenzator daju logaritmi konstante C samo za spektralne linije C

($\lambda = 6562{,}8$ Å), D i F ($\lambda = 4861{,}3$ Å). Taj se zadatak može riješiti jednako točno na dva načina, i to ili direktnim određivanjem logaritma konstante za svijetlo pojedinih spektralnih linija ili pak – kako je to naglasio već i sam Berek (lit. 17, pag. 136) – izračunavanjem spomenutoga logaritma, pričem je, međutim, potrebno točno poznavati indekse loma ω i ε kalcita za pojedine spektralne linije. Ti su indeksi više puta veoma točno određeni. Za svoja izračunavanja poslužio sam se vrijednostima ω i ε za kalcit, kako ih je odredio F. F. Martens 1901. godine (lit. 18, pag. 2842–2843), pri čemu sam vrijednosti ω i ε za



Sl. 4.

crvenu i indigomodru Hg-liniju izračunao interpolacijom između najbližih im spektralnih linija, za koje Martens navodi ω i ε. Konstanta Berekova kompenzatora ima, ako se razlika u hodu određuje milimikronima, ovaj oblik (lit. 19, pag. 395)

$$C = \frac{e\,\omega}{2}\left(\frac{1}{\varepsilon^2} - \frac{1}{\omega^2}\right),$$

gdje je s e označena debljina kalcitne pločice u kompenzatoru. Uvrstimo li u tu formulu za ω i ε njihove vrijednosti za D-liniju spektra (odnosno za Na-svijetlo) i označimo li vrijednost konstante kompenzatora za tu

liniju s C_{Na}, pa podijelimo li vrijednost C za bilo koju spektralnu liniju sa C_{Na} i dobiveni izraz logaritmiramo, naći ćemo, da postoji odnos

$$\log C - \log C_{Na} = \log\left(\frac{\omega}{\varepsilon^2} - \frac{1}{\omega}\right) + 0{,}83096,$$

gdje su ω i ε indeksi loma kalcita za onu valnu dužinu svijetla, za koju želimo odrediti log C uz uvjet, da nam je log C_{Na} poznat. Na taj način sam izračunao, da je

za crvenu	Hg-liniju ($\lambda = 6907{,}5$ Å)	$\log C - \log C_{Na} = -0{,}006$
za žutozelenu	Hg-liniju ($\lambda = 5460{,}7$ Å)	$\log C - \log C_{Na} = +0{,}003$
za indigomodru	Hg-liniju ($\lambda = 4358{,}3$ Å)	$\log C - \log C_{Na} = +0{,}017.$

Za Berekov kompenzator No 988 tvrtke E. Leitz, kojim sam se služio pri svojim određivanjima razlike u hodu, dobio sam na taj način, da je logaritam njegove konstante C

za crvenu Hg-liniju	log C = 3,941
za žutozelenu Hg-liniju	log C = 3,950
i za indigomodru Hg-liniju	log C = 3,964

jer je za taj kompenzator log C_{Na} = 3,947.

4. *Točno određivanje kuta optičkih osi za ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča)*

Poznajući međusobni odnos geometrijskih i optičkih elemenata ludlamita iz rudnika Stari Trg (Trepča), kako je on teodolitnomikroskopski određen u razdjelu II,1 ovoga rada, i njegov srednji indeks loma Nm, možemo sada pristupiti rješavanju zadatka, da se odredi točna veličina kuta optičkih osi.

Za određivanja, koja ću sada opisati, poslužila mi je kalotina minerala smjerom (001) debela 0,22 mm. Uz tu su se debljinu pločice među unakrštenim nikolima kraj dijagonalno namještene ravnine optičkih osi položaji kako jedne, tako i druge optičke osi dali vrlo točno odrediti. Mjerenja sam vršio pomoću optičkoga univerzalnoga aparata tvrtke R. Fuess (lit. 20, Fig. 715, pag. 746). Zbog velikoga nagiba optičkih osi A i B prema normali na preparat opažanja su se mogla vršiti samo, ako je preparat bio uronjen u tekućinu. Prije samoga prijelaza na opisivanje pojava, koje su se opažale u bijelom svijetlu, neka bude međutim radi uklanjanja nesporazuma naglašeno, da ćemo – kako je to već učinjeno u razdjelu II,1 ove radnje – i nadalje stalno slovom A označivati onu optičku os, koja uz manji nagib prema normali preparata, to jest prema

normali na (001) minerala, izlazi u šiljastom kutu β. Slovom B označivat ćemo naprotiv uvijek optičku os, koja uz veći nagib prema normali na preparat odnosno prema normali na (001) izlazi u tupom kutu β.

Uroni li se pločica u vodu, tad se mogu opažanja vršiti samo za optičku os A. Za drugu optičku os B zbog totalne refleksije, koja nastaje zbog niskog indeksa loma vode, ne mogu se u vodi vršiti opažanja. Za os A vidi se u vodi jasno slaba disperzija u tom smislu, da se uz crnu hiperbolu kraj manjega nagiba (t. j. bliže normali na pločicu) nalazi modro obojenje, a uz veći se nagib s druge strane hiperbole vidi crveno obojenje.

U cedrovu ulju vide se veoma jasno obje optičke osi. Unutar crnih hiperbola, t. j. uz manji nagib jedne i druge optičke osi, vidi se u instrumentu vrlo jasno modro obojenje; obratno uz veći nagib, t. j. s vanjskih strana crnih hiperbola vidi se crveno obojenje. Nagib je za prividni položaj optičke osi B u cedrovu ulju tolik, da se ona još upravo može namjestiti u sredinu vidnoga polja. Pri daljem zakretanju kristalne pločice cijelo vidno polje odmah postane tamno.

U α-monobromnaftalinu na bližoj optičkoj osi A namještenoj u sredinu vidnoga polja ne zapaža se nikakva disperzija. Crni krak hiperbole obojen je jednolično bijelo kako s jedne, tako i s druge svoje strane. Pri dovlačenju te optičke osi u sredinu vidnoga polja opaža se ipak, dok se njena slika nalazi još na rubu vidnoga polja, uz manji nagib slabo modrikasto obojenje, koje međutim iščezne, kad se optička os namjesti u sredinu vidnoga polja. – Dalja optička os B pokazuje veoma jasnu disperziju u tom smislu, da uz veći nagib (t. j. sa vanjske strane hiperbole) imamo modro obojenje, a uz manji nagib (t. j. sa nutarnje strane hiperbole) crveno obojenje.

Iz svega netom spomenutoga izlazi, da ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča) jasno pokazuje nagnutu disperziju optičkih osi. To je u skladu s međusobnim razmještajem optičkih i geometrijskih elemenata toga minerala utvrđenim u razdjelu II,1 ove radnje, t. j. s time, da se ravnina optičkih osi podudara s drugim pinakoidom (010) minerala. Da bi se prosudilo, za koju je boju kut optičkih osi veći, a za koju manji, moramo uzeti u obzir prvo to, da na preparatima smjerom kalavosti (001) promatramo tupi kut optičkih osi oko smjera Np minerala, i drugo to, da su za to prosuđivanje od važnosti promatranja izvršena u cedrovu ulju, a ne promatranja izvršena u α-monobromnaftalinu. Zbog silne vlastite disperzije indeksa loma α-monobromnaftalin može naime izmijeniti sliku disperzije optičkih osi u tolikoj mjeri, da se iz te slike ne smije uvijek neposredno zaključivati o položaju optičkih osi u kristalu (lit. 16, pag. 605). Upravo to je slučaj kod ludlamita. Iz malo prije opisanih opažanja izvršenih u cedrovu ulju izlazi, da je tupi kut optičkih osi za crvenu boju manji nego za modru boju. Za šiljasti kut optičkih osi 2V oko smjera Ng bit će dakako obratno, t. j. disperzija oštroga kuta optičkih osi 2V je $r > v$; ona je nadalje – kako je spomenuto – nagnuta, a usto i slaba, što će se utvrditi i kvantitativnim istraživanjima, na kojih opisivanje ćemo sada prijeći.

Radi vršenja kvantitativnih određivanja potrebno je, da pločica bude na instrumentu namještena tako, da uz dijagonalni položaj ravnine optičkih osi pri zakretanju limbusa univerzalnoga aparata jedna i druga optička os dođu točno u sredinu vidnoga polja. Normala na pločicu leži tada negdje između optičkih osi. Položaj te normale ne može se odrediti, ako malo prije spomenuto namještanje kristalne pločice po optičkim osima vršimo u cedrovu ulju ili u α-monobromnaftalinu, jer se te tekućine ne suše. One prekrivaju u obliku tanje ili deblje neravne prevlake kristalnu pločicu i na taj način onemogućuju, da se položaj normale na pločicu odredi autokolimacijom. Voda kao lako hlapljiva tekućina u našem slučaju ne može doći u obzir za namještanje pločice, jer se u njoj ne vidi optička os B ludlamita. Radi toga sam namještanje spomenute savršeno ravne kristalne pločice smjerom (001) izvršio u metilenjodidu. Kad je nakon izvršenoga točnoga namještanja metilenjodid, koji je u maloj količini ostao na kristalnoj pločici i na metalnom držku, u kojem je ona bila namještena, potpuno ishlapio, mogao sam bez ikakvih smetnji odrediti položaj normale na kristalnu pločicu Gaussovom metodom autokolimacije. Uronivši nakon toga pločicu oprezno, da se njezin položaj nimalo ne poremeti, u α-monobromnaftalin, mogao sam za pojedine spektralne linije veoma točno izmjeriti kutove, što ih zatvaraju prividni položaji optičkih osi A i B u α-monobromnaftalinu s normalom na kristalnu pločicu. Rezultati mjerenja izvršenih uz temperaturu od 22° C navedeni su u tabeli V, u kojoj je

Tabela V.

λ u Å	H_1	H_2	n α-monobromnaftalina pri 22°C	Nm	V_1	V_2	2 V
1	2	3	4	5	6	7	8
6907,5	+37° 12,0′ ± 0,9′ (10′)	—60° 55,1′ ± 0,6′ (7′)	1,64385	1,6617	+36° 44,1′	—59° 49,6′	+83° 26′
5893 ± 3	+37° 06,4′ ± 0.3′ (3′)	—60° 28,5′ ± 1,0′ (11′)	1,65626	1,6669	+36° 49,8′	—59° 50,1′	+83° 20′
5460,7	+37° 08,6′ ± 0,6′ (5′)	—60° 19,2′ ± 0,8′ (7′)	1,66411	1,6701	+36° 59,3′	—59° 57,7′	+83° 03′
4358,3	+37° 04,0′ ± 0,9′ (9′)	—58° 58,5′ ± 0,9′ (10′)	1,70034	1,6833	+37° 30,4′	—59° 57,2′	+82° 32½′

sa H_1 u drugom stupcu označen kut između normale na pločicu, t. j. na plohu (001) minerala, i prividnoga položaja optičke osi A u α-monobromnaftalinu. Slično je u trećem stupcu te tabele sa H_2 označen kut između normale na (001) minerala i prividnoga položaja optičke osi B u α-monobromnaftalinu. U vezi s tom tabelom treba napomenuti ovo:

a) Položaj normale na kristalnu pločicu određen je Gaussovom metodom autokolimacije. Maksimalna razlika između dva pojedinačna namještanja iznosila je 5′, a srednja pogreška aritmetičke sredine dobivene iz svih deset namještanja iznosila je ± 0,5′.

b) Prividni položaj H_1 i H_2 za svaku optičku os također je određivan 10 puta. U drugom i trećem stupcu tabele V navedene su aritmetičke sredine dobivene iz deset pojedinačnih određivanja sa svojom srednjom pogreškom, a u zagradama je navedena maksimalna razlika između dva pojedinačna određivanja. Nagib H_1 prema normali na (001) za optičku os A, koja izlazi u šiljastom kutu β, označen je u tabeli predznakom +; nagib H_2 za optičku os B, koji se mora vršiti od normale na kristalnu pločicu u protivnom smislu nego nagib H_1, označen je predznakom –.

c) U četvrtom stupcu navedeni su indeksi loma za α-monobromnaftalin pri 22° C, uz koju sam temperaturu vršio određivanja kutova H_1 i H_2. Indekse loma za α-monobromnaftalin odredio sam dan prije uz temperaturu 21,5° C dobivši za pojedine spektralne linije ove vrijednosti

6907,5	Å	1,64407
5893 ± 3	Å	1 65649
5460,7	Å	1 66434
4358,3	Å	1,70057

Iz upravo spomenutih vrijednosti dobio sam vrijednosti za indekse loma uz 22° C, koje su unesene u četvrti stupac tabele V na taj način, da sam u skladu s temperaturnim koeficijentima za refrakciju α-monobromnaftalina (lit. 21, Tabelle 181d, pag. 972) snizio indeks loma crvene Hg-linije za 0,00022, a indekse svih ostalih spektralnih linija za 0,00023.

d) U petom stupcu tabele V unio sam vrijednosti za Nm ludlamita, kako su određene u tabeli II. Po formulama

$$\sin V_1 = \frac{n \cdot \sin H_1}{Nm} \quad \text{odnosno} \quad \sin V_2 = \frac{n \cdot \sin H_2}{Nm}$$

mogu se iz vrijednosti sadržanih u stupcima 2–5 tabele V izračunati kutovi V_1 i V_2, što ih sa normalom na kristalnu pločicu zatvaraju optičke osi A i B u samom mineralu, t. j. pravi nagibi obiju optičkih osi prema normali na (001) ludlamita. Odnosne vrijednosti navedene su u šestom i sedmom stupcu tabele V. Oštri kut optičkih osi 2V u osmom stupcu tabele V dobiva se tad prema formuli

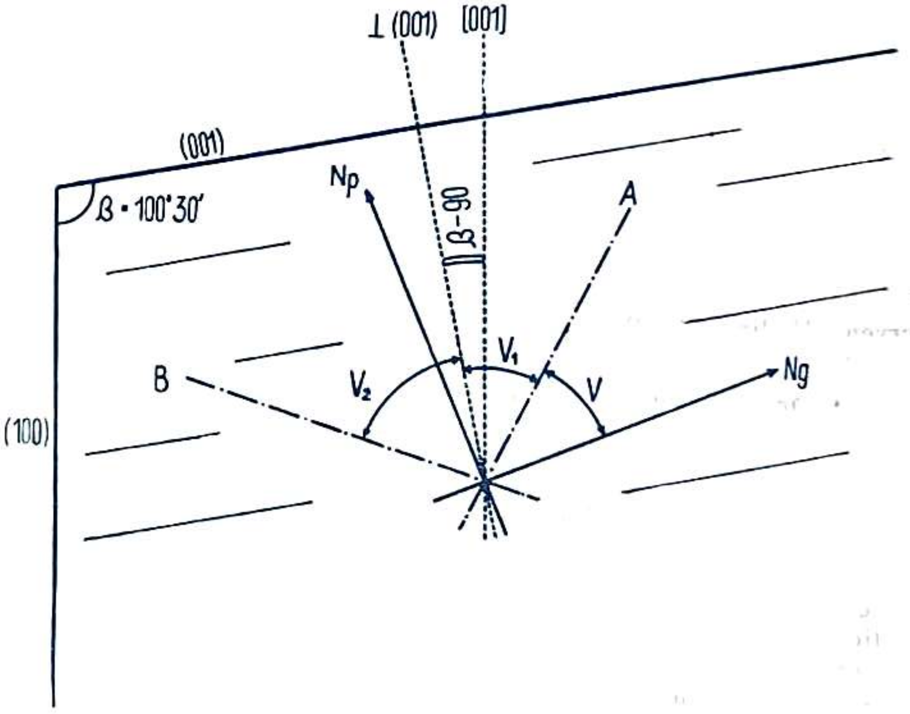
$$2V = 180^0 - (V_1 - V_2).$$

Predznak + u tom stupcu kazuje, da je optički karakter minerala pozitivan.

Iz tabele V, i to iz njenoga drugoga stupca vidi se, da je u α-monobromnaftalinu prividni nagib H_1 za optičku os A prema okomici na kristalnu pločicu gotovo isti bez obzira na valnu dužinu svijetla. To je dakle kvantitativna potvrda za kvalitativno utvrđenu činjenicu, da se disperzija za tu optičku os u α-monobromnaftalinu ni ne zapaža. U osmom stupcu iste tabele vidi se kvantitativna potvrda za kvalitativno utvrđenu slabu disperziju oštroga kuta optičkih osi $r > v$.

5. Točno određivanje međusobnoga odnosa optičkih i geometrijskih elemenata za ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča). Disperzija raspolovnica i optičkih osi

Iz podataka sadržanih u tabeli V može se ponovo utvrditi međusobna orijentacija optičkih i geometrijskih elemenata, i to točnije, nego što je to moguće po teodolitnomikroskopskoj metodi. Može se osim toga odrediti i slaba disperzija oštre (i tupe) raspolovnice kuta optičkih osi. Kad naime jednom znamo nagibe V_1 i V_2 jedne i druge optičke



Sl. 5.

osi A i B prema normali na plohu (001) ludlamita, tad je raspolavljajući kutove između optičkih osi A i B lako odrediti i kutove, koje smjerovi Np i Ng zatvaraju s normalom na plohu (001). Uzmemo li dalje u obzir, da iz kuta (001) : (100) = 180° — β, koji prema mjerenjima izvršenim na ludlamitu iz rudnika Stari Trg (Trepča) iznosi 79° 30′ (vidi glavu I), izlazi, da os c s normalom na (001) zatvara kut od 10° 30′, tad možemo poznajući kutove smjerova Np i Ng s normalom na (001) odrediti i kutove tih optičkih smjerova prema osi [001] ludlamita. Jednostavnim izvodom (vidi sl. 5) lako se možemo uvjeriti, da se

kut smjerova Ng, odnosno Np prema normali na (001) može izračunati po formulama

$$Ng \wedge \perp (001) = V + V_1, \quad \text{odnosno} \quad Np \wedge \perp (001) = 90^0 - (V + V_1).$$

Slično se kut smjerova Ng, odnosno Np s osi c = [001] može izračunati po ovim formulama

$$Ng \wedge [001] = (V + V_1) - (\beta - 90), \text{ odnosno}$$
$$Np \wedge [001] = \beta - (V + V_1).$$

U tim formulama predstavlja V polovicu kuta optičkih osi 2V, kako je on naveden u 8. stupcu tabele V, a V_1 je (kao i dosada) nagib optičke osi A prema normali na (001) ludlamita, kako je on naveden u 6. stupcu iste tabele. Izvrše li se izračunavanja spomenutih kutova za svijetlo različnih spektralnih linija, dobit će se podaci navedeni u tabeli VI.

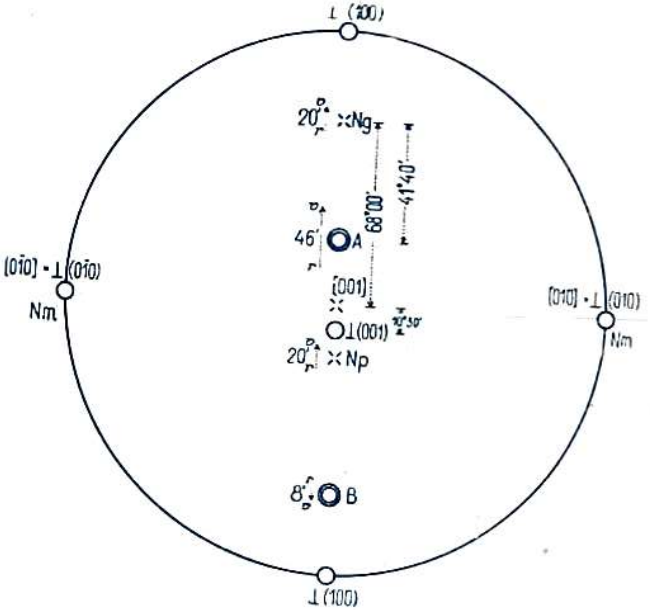
Tabela VI.

λ u Å	⊥ (001)	[001]
6907,5	78° 27′; 90°; 11° 33′	67° 57′; 90°; 22° 03′
5893±3	78° 30′; 90°; 11° 30′	68° 00′; 90°; 22° 00′
5460,7	78° 31′; 90°; 11° 29′	68° 01′; 90°; 21° 59′
4358,3	78° 47′; 90°; 11° 13′	68° 17′; 90°; 21° 43′

U toj su tabeli – slično kao i u tabeli I – za svaki od oba navedena geometrijska elementa dani redom kutovi, što ih oni čine s glavnim smjerovima optičke indikatrise Ng (prvi broj), Nm (drugi broj) i Np (treći broj). Na prvi se pogled već vidi, da su ti podaci detaljna potvrda analognih podataka iz tabele I. Iz podataka u tabeli VI. razabira se, međutim, i disperzija raspolovnica Ng i Np ludlamita. Os c = [001] zatvara sa smjerom Ng u svijetlu crvene Hg-linije (λ = 6907,5 Å) kut od 67° 57′; taj kut idući prema kratkovalnom dijelu spektra neznatno raste dosežući za svijetlo indigomodre Hg-linije (λ = 4358,3 Å) vrijednosti od 68° 17′. Za kut osi c prema raspolovnici Np je promjena s obzirom na veličinu dakako ista, samo u obratnom smislu.

Uz vrlo slabu disperziju optičkih raspolovnica Ng i Np može se zaključiti, da je i disperzija jedne i druge optičke osi veoma slaba. To se lako vidi iz stupaca 6 i 7 tabele V, gdje su navedeni kutovi jedne i druge optičke osi prema stalnom geometrijskom smjeru, i to prema ⊥ (001) ludlamita. Disperzija optičke osi A je slaba, a za os B je ona još mnogo slabija, jer iznosi od položaja te osi za svijetlo crvene Hg-linije (λ = 6907,5 Å) do položaja njena za svijetlo indigomodre Hg-linije (λ = 4358,3 Å) svega 8′.

Ti su odnosi predočeni na sl. 6, gdje su u stereografskoj projekciji uz običnu postavu kristala, t. j. s osi c u središtu projekcije, ucrtani uz geometrijske elemente ⊥ (100), ⊥ (001), [010] i [001] i položaji optičkih elemenata Ng, Nm = [010], Np te obiju optičkih osi A i B. Kraj svakoga optičkoga elementa izuzev Nm ucrtani su pravci, koji slovima r i v označuju, kuda se dotični element pomiče, kad se od crvenoga dijela spektra (označeno slovom r) ide prema ljubičastom dijelu spektra (slovo v u sl. 6). Dužinom svojom ti pravci zorno pokazuju veličinu disperzije pojedinoga optičkoga elementa. Kraj svakoga od tih pravaca disperzija je unesena još i u minutama.



Sl. 6.

III. USPOREDBA S PODACIMA PRIJAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Dosad objavljeni podaci o optičkim svojstvima ludlamita iz različnih nalazišta u svijetu sabrani su radi lakšega isporeďivanja u tabeli VII. Iz nje se odmah razabira, šta je odredio koji od istraživača i na kojem materijalu. U najdonjem retku tabele navedeni su brojčani podaci dobiveni na ludlamitu iz rudnika Stari Trg (Trepča) u Na-svijetlu (izuzev podatak u stupcu 6). U osmom stupcu navedene su vrijednosti za kut optičkih osi, kako on računski izlazi iz određenih indeksa loma. Slično su u stupcima 9, 10 i 11 navedene vrijednosti za dvolome Ng — Np, Ng — Nm i Nm — Np, kako one izlaze iz određenih indeksa loma

Tabela VII.

Pregled dosad izvršenih određivanja optičkih svojstava na ludlamitu iz različnih nalazišta

Nalazište	Ng	Nm	Np	2V	Disperzija kuta optičkih osi	Orijentacija Ng ∧ c	2V iz indeksa loma	Ng—Np	Ng—Nm	Nm—Np	n_g—Nm na (001)	Autor
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Wheal Jane, Truro, Cornwall, Engleska				+82° 22′	r > v slaba	+67° 05′						F. Field i N. S. Maskelyne 1876. (lit. 1)
								0,0269	←···		···0,014	H. Buttgenbach 1919. (lit. 5)
	1,697	1,675	1,653 (svi ± 0,003)	+82°	r > v slaba	67°	—88° 52′	0,044	0,022	0,022		E. S. Larsen 1921. (lit. 6)
Hagendorf, Bavarska, Njemačka				+		+51° 30′						Müllbauer 1925. za lenerit (lit. 7)
	1,689	1,669	1,650	+ velik	r > v slaba	velik	+89° 32′	0,039	0,020	0,019		H. Berman 1925. (lit. 8)
Palermo mine, North Groton, New Hampshire, USA	1,688	1,667	1,650	+80°	r > v slaba		+84° 56′	0,038	0,021	0,017		C. W. Wolfe 1949. (lit. 10)
District Blackbird, Lemhi County, Idaho, USA	1,690	1,669	1,651	+86°		velik	+86° 35′	0,039	0,021	0,018		J. J. Glass i J. S. Vhay 1949. (lit. 11)
Stari Trg (Trepča) Jugoslavija	1,6880	1,6669	1,6499 (svi ± 0,0002 u Na-svijetlu)	+83° 20′	r > v slaba	+68° 00′	+84° 48′	0,0381	0,0211	0,0170		Lj. Barić 1952.
								0,0380	0,0214 ←···		···0,0197	

izuzev Buttgenbachovu vrijednost za dvolom Ng — Np, koja je dobivena drugačijim računskim postupkom. Na ovo ćemo se kasnije još posebno osvrnuti. Kod podataka za ludlamit iz Staroga Trga (Trepča) unesena je u 10. stupcu uz vrijednost 0,0211 za dvolom Ng — Nm, kako ona izlazi iz određenih indeksa loma, još i vrijednost 0,0214 određena direktno metodom kompenzacije. U 9. stupcu unesena je i vrijednost 0,0380 za maksimalni dvolom dobivena na isti način kao i Buttgenbachova vrijednost 0,0269.

Ravnina optičkih osi je suglasno prema svim autorima (010). Kut potamnjenja Ng ∧ c slaže se također dobro kod svih autora, koji su ga odredili, izuzev u jednom slučaju. Potrebno je naime istaknuti, da bi prema Müllbauerovim podacima (lit. 7, pag. 332) kut Np ∧ ⊥ (001) bio oko — 28^0. Uzmemo li, da je lenerit doista ludlamit, kako je to dokazao Wolfe, tad bi iz Müllbauerova podatka za kut Np ∧ ⊥ (001) – uzevši, da je $\beta = 100^0\ 30'$ – izlazilo, da Ng ∧ [001] za taj ludlamit mora biti + $51^0\ 30'$, a to se jako razlikuje od ostalih podataka. To se nesuglasje može riješiti samo novim istraživanjima materijala od Hagendorfa u Bavarskoj.

Što se tiče kuta optičkih osi, tu treba napomenuti, da je vrijednost + 82^0, koju daje Larsen (lit. 6, pag. 223), za $9^0\ 8'$ manja od vrijednosti, koja izlazi iz indeksa loma, koje je on odredio. Iz njegovih indeksa loma izlazi naime, da bi kut optičkih osi oko smjera Ng morao biti $91^0\ 8'$. S obzirom na tu dosta veliku razliku bilo bi potrebno izvršiti reviziju optičkih svojstava za ludlamit iz Cornwalla. Kut optičkih osi proračunan iz Bermanovih indeksa loma za ludlamit od Hagendorfa također dosta jako odstupa od direktnih određivanja toga kuta na materijalu iz drugih nalazišta.

Iz tabele se vidi, da je dvolom ludlamita bez obzira na nalazište jak. Direktno određeni podaci u tom smislu postoje samo za dvolom Ng — Nm na ludlamitu iz rudnika Stari Trg (Trepča) i za dvolom na prijesjecima smjerom plohe kalavosti (001), koji je određen na istom ludlamitu, a osim toga još i na ludlamitu iz Cornwalla po Buttgenbachu (lit. 5, pag. B 69). Ovaj posljednji podatak i iz njega izvedena vrijednost za dvolom Ng — Np ludlamita jako se razlikuje od svih ostalih podataka, koji se inače dobro slažu među sobom, izuzev jedino vrijednost, koja izlazi iz Larsenovih indeksa loma i koja je nešto previsoka. Radi toga sam na ista tri preparata ludlamita iz rudnika Stari Trg (Trepča), koja su mi poslužila za određivanje dvoloma Ng — Nm (vidi tabelu III), izmjerio i dvolom na samoj kalotini (001) dobivši u Na-svijetlu ove vrijednosti

na preparatu	Nr. 1	0,0200
„ „	Nr. 2	0,0197
„ „	Nr. 3	0,0195
	Srednja vrijednost	0,0197

Taj dvolom predstavlja razliku među indeksima loma onih dvaju valova, koji nastaju pri prolazu svijetla kroz prijesjek indikatrise ludla-

mita paralelan sa (001) ludlamita. Jedan od tih indeksa je Nm, a drugi je neki veći indeks, koji međutim ne doseže vrijednost Ng, pa ćemo ga zato ovdje kao i u tabeli VII. označiti sa n_g. Iz dvoloma n_g — Nm = 0,0197, kako je on izmjeren na tri kalotine smjerom (001) ludlamita iz Staroga Trga (Trepča), može se izračunati maksimalni dvolom Ng — Np prema formuli

$$Ng - Np = \frac{n_g - Nm}{\sin V_1 \cdot \sin V_2},$$

gdje V_1 i V_2 imaju značenje, koje im je dano u tabeli V; to su dakle kutovi, koje jedna i druga optička os zatvaraju s normalom na (001) ludlamita. Uzmemo li vrijednosti za te kutove u Na-svijetlu iz tabele V, dobit ćemo, da je

$$Ng - Np = \frac{0{,}0197}{\sin 36^{0}\,49'\,48'' \cdot \sin 5{,}^{0}\,50'\,6''}$$

ili

$$Ng - Np = 0{,}0380.$$

Ta vrijednost za dvolom Ng — Np u odličnom je skladu s vrijednosti 0,0381, koja izlazi iz direktno određenih indeksa loma ludlamita iz Staroga Trga (Trepča), zatim ludlamita iz Palermo Mine i onoga od Hagendorfa i iz distrikta Blackbird.

Buttgenbachova vrijednost za dvolom ludlamita iz Cornwalla Ng — Np = 0,0269 izvedena na isti način iz šest pojedinačnih određivanja dvoloma n_g — Nm na kalotinama smjerom (001), koja su se među sobom dobro podudarala idući od 0,0139 do 0,0145, mnogo je manja od svih analognih vrijednosti drugih autora. Odatle se mora zaključiti, da je u Buttgenbachovim određivanjima sadržana neka sistematska pogreška. On je dvolom određivao mjereći razliku u hodu kremenim klinom, a debljinu kalotina mikrometrom. Teže je pretpostaviti, da bi se sistematska pogreška pravila pri određivanju razlike u hodu kremenim klinom. Vjerojatnije je naprotiv, da je sistematska pogreška u Buttgenbachovim određivanjima sadržana u njegovim mjerenjima debljine pojedinih kalotina i da se ona odrazila na taj način, da su debljine kalotina stalno izlazile veće, nego što u stvari jesu. Spriječiti sistematsku pogrešku bilo je možda toliko teže, što su Buttgenbachove kalotine bile vrlo tanke; debljina im je iznosila 0,0035 — 0,0125 mm ne dosežući više puta ni izdaleka debljinu normalnoga mikroskopskoga preparata.

Istaknut ćemo još, da je suglasno prema svim određivanjima – kako se to vidi iz tabele VII – disperzija kuta optičkih osi slaba $r > v$. U literaturi se od ostalih podataka za disperziju nalazi još podatak F. Fielda i N. S. Maskelynea (lit. 1, pag. 69), da je disperzija raspolovnica gotovo jednaka nuli. To je istraživanjima ludlamita iz rudnika Stari Trg (Trepča) i kvantitativno potvrđeno (razdio II,5 ovoga rada).

Osvrnut ćemo se ovdje ukratko i na anglarit, za koji je Lacroix (lit. 22, pag. 523–524) predložio ime angelardit. Radi se o fino vlaknatom

mineralu modre, ljubičastomodre do sive boje, promjenljive gustoće (oko 2,77), visokoga loma (1,7) i vrlo slaboga dvoloma; taj se mineral navodi u literaturi više puta zajedno s vivijanitom (lit. 23, pag. 498; lit. 24, pag. 402). Lacroix veli, da nije mogao odrediti potpuno njegova optička svojstva, od kojih on posebno spominje pozitivan karakter smjerom izduženja vlakanaca i jak pleohroizam (Ng = zagasito modar, Nm = svijetloljubičast i Np = bezbojan), koji podsjeća na pleohroizam glaukofana. Ta svojstva uz kemijski sastav minerala ne dopuštaju prema Lacroixu nikakve sumnje o tom, da se tu radi o mineralu nezavisnom s obzirom na vivijanit. Ukoliko treba tu supstancu približiti kojem od poznatih minerala, čini se, kako veli Lacroix, da to nije vivijanit nego ludlamit. Napomenut ćemo, međutim, da nijedan od autora, koji su istraživali ludlamit, ne spominje pleohroizma, koji nisam mogao konstatirati ni na ludlamitu iz rudnika Stari Trg (Trepča). Usto je dvolom ludlamita uvijek utvrđen kao visok. S obzirom na to moramo zaključiti, da taj nedovoljno istraženi mineral ne će biti bliz ni ludlamitu. O čemu se zapravo u tom slučaju radi, to će se moći utvrditi samo nakon novih, potpunijih istraživanja toga materijala.

IV. OSTALA ISTRAŽIVANJA

Na ludlamitu iz rudnika Stari Trg (Trepča) odredio sam tvrdoću i našao, da ona po Mohsovoj skali iznosi 3,5–4.

Za specifičnu težinu određenu metodom suspenzije dobio sam 3,17.

Nažalost dosad mi nije bilo moguće izvršiti i kvantitativno kemijsko istraživanje minerala radi malene količine supstance, koju sam iz rudnika dobio.

Ugodna mi je dužnost zahvaliti se ing. Borisu Tribussonu, što mi je ustupio na istraživanje ludlamitni materijal, koji je našao u Starom Trgu (Trepča). Zahvaljujem nadalje najljepše sveučilišnom profesoru dr. ing. Mladenu Pajiću, predstojniku Fizičkog instituta Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, koji mi je u svom institutu najspremnije stavio na raspolaganje živinu lučnu svjetiljku i veliki univerzalni spektrometar tvrtke C. A. Steinheil Söhne, München. Prijatelju profesoru dr. W. Kleberu, upravitelju Odjela za kristalografiju i rentgenografska strukturna istraživanja u Mineraloško-petrografskom institutu Sveučilišta u Bonnu zahvaljujem, što mi je poslao fotokopije Buttgenbachova (lit. 5) i Bermanova (lit. 8) rada. Želim se konačno zahvaliti i Miroslavu Haberu, studentu fizike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu zagrebačkoga Sveučilišta, koji mi je – pokazavši zanimanje za istraživanja opisana u ovom radu – pomagao pri namještanju aparature u fizikalnom zavodu Sveučilišta i na taj mi način omogućio brže odvijanje eksperimentalnoga dijela rada.

Buttgenbach H.:

Annales de la Soc. Géol. Belg. 42 (1919) B 69
pag. B 69, red 2 odozdo čitaj

$$B = \frac{x_p}{\sin\vartheta \cdot \sin\vartheta'} = \frac{x_p}{\cos(V+\beta-\alpha)\cdot\cos(V+\alpha-\beta)} = 26{,}9$$

mjesto

$$B = \frac{\sin\vartheta \cdot \sin\vartheta'}{x_p} = \frac{\cos(V+\beta-\alpha)\cdot\cos(V+\alpha-\beta)}{x_p} = 26{,}9$$

Hintze C.:

Handbuch der Mineralogie. Band, I, Abteilung 3, Hälfte 1. – Berlin und Leipzig 1930.
pag. 871, red 19—20 odozdo čitaj

$2\,Ha = 97^0\,50'$, $2\,Ho = 119^0$ und daraus $2\,V = 82^0\,22'$
mjesto $2\,Ha = 97^0\,50'$, $2\,V = 82^0\,22'$

pag. 871, red 16—17 odozdo čitaj
Hoch. $\gamma - \alpha = 0{,}0269$ berechnet von Buttgenbach aus der auf 001 gemessenen Doppelbrechung 0,014
mjesto Hoch. 0,0269 auf 001 nach Buttgenbach

Palache Ch., Berman H. and *Frondel C.:*

Dana's System of Mineralogy. Volume II. Seventh ed. New York–London 1951
pag. 953 Ref. 9 čitaj Glass and Vhay, Am. Min., 34, 335 (1949)
mjesto Glass and Vhay. Am. Min., 34, 35 (1949)

(Primljeno u sjednici Odjela za prirodne nauke od 5. II. 53.)

1. *Field F. und Maskelyne N. S.*, Ludlamit, ein neues Mineral von Cornwall. – Zeitschrift für Krystallographie 1 (1877) 68—69.
2. *Maskelyne N. S.*, Nachtrag zu dem Aufsatz über Ludlamit. – Zeitschrift für Krystallographie 1 (1877) 382—383.
3. *Lewis W. J.*, Krystallographische Notizen. 2. Ludlamit. – Zeitschrift für Krystallographie, 7 (1883) 182.
4. *Bauer M.*, Beiträge zur Mineralogie von Columbien. Nach den Mitteilungen von Ricardo Lleras Codazzi in Bogotá. – Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Jahrgang 1916 (1916) 481—487.
5. *Buttgenbach H.*, Biréfringence de la Ludlamite. – Annales de la Société Géologique de Belgique 42 (1919) B 69.
6. *Larsen E. S.*, The microscopic determination of the nonopaque minerals. U. S. Geological Survey, Bulletin 679 (1921) 1—294. – Citirano a) prema pag. 348 u radu Auszüge. Besprechungen von P. Niggli unter Mitwirkung von K. Faesy. Phosphate, Arsenate, Antimonate, Vanadate (Forts.). Zeitschrift für Kristallographie 62 (1925) 326—368; odnosno b) prema Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Abt. A, Ref. I (1926) 25—26.
7. *Müllbauer F.*, Die Phosphatpegmatite von Hagendorf i. Bayern (Neue Beobachtungen). – Zeitschrift für Kristallographie 61 (1925) 318—336.
8. *Berman H.*, The identity of »Lehnerite« and Ludlamite. – American Mineralogist 10 (1925) 428—429.
9. *Wolfe C. W.*, Ludlamite from North Groton, New Hampshire. – Proceedings of the twenty-seventh annual meeting of the Mineralogical Sotiety of America. Chicago, Illinois, December 26—28, 1946. – American Mineralogist 32 (1947) 211—212.
10. *Wolfe C. W.*, Ludlamite from the Palermo mine, North Groton, New Hampshire. – American Mineralogist 34 (1949) 94—97.
11. *Glass J. J.* and *Vhay J. S.*, A new locality for ludlamite. – American Mineralogist 34 (1949) 335—336.
12. *Strunz H.*, Die Phosphat – Quarz – Feldspatpegmatite von Hagendorf - Pleystein in Bayern. – Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen, 84 (1952) 77—92.
13. *Ford W. E.*, Third Appendix to the Sixth Edition of Dana's System of Mineralogy. New York – London 1915.
14. *Field F.* and *Maskelyne N. S.*, Min. Mag. 1877. I Taf. 5 Fig. 3; Proc. Cryst. Soc. 1877. I. 29 Fig. 5; Phil. Mag. 1877. 3. 135 Fig. 5. – Citirano prema Goldschmidt V.: Atlas der Krystallformen, Text, Band 5, pag. 171 i Tafeln, Band 5, Tafel 108, Fig. 3. – Heidelberg 1918.
15. *Nikitin W.*, Die Fedorow-Methode. Berlin 1936.
16. *Rosenbusch H. - Wülfing E. A.*, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Band I, erste Hälfte, Fünfte, völlig umgestaltete Auflage, Stuttgart 1921/24.
17. *Berek M.*, Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universaldrehtischmethoden. Berlin 1924.
18. *Hintze C.*, Handbuch der Mineralogie. Band I, Abteilung 3, Hälste 1. – Berlin und Leipzig 1930.
19. *Berek M.*, Zur Messung der Doppelbrechung hauptsächlich mit Hilfe des Polarisationsmikroskops. – Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Jahrgang 1913 (1913) 388—396.
20. *Groth P.*, Physikalische Krystallographie. Vierte Auflage. Leipzig 1905.
21. *Landolt - Börnstein*, Physikalisch-chemische Tabellen. Band II. – 5. Auflage. Berlin 1923.
22. *Lacroix A.*, Minéralogie de la France et de ses colonies. Tome IV. Paris 1910.
23. *Des Cloizeaux A.*, Manuel de Minéralogie. Tome II, fasc. 2. Paris 1893.
24. *Doelter C.*, Handbuch der Mineralchemie. Band III, Abt. 1. Dresden und Leipzig 1918.

TUMAČ SLIKAMA

Sl. 1. Kristal ludlamita iz rudnika Stari Trg (Trepča) kod Kosovske Mitrovice. a) Pogled u smjeru treće kristalografske osi c. Na plohi c (001) nacrtana su dva sistema prutanja paralelno njenim bridovima s plohama forme q ($\bar{1}11$). Ta se dva sistema prutanja sastaju u dužoj dijagonali plohe (001), koja odgovara prvoj kristalografskoj osi a = [100]. b) Pogled sa strane.

Sl. 2. Ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča). – Stereogram opažanja mikroskopskoga preparata priređenoga od kalotine smjerom (001), na kojoj je bila i prirodna ploha (100). Optička os A bliža normali na (001) izlazi u šiljastom kutu β. Optička os B, koja sa normalom na (001) čini veći kut, izlazi u tupom kutu β. Zbog velikoga nagiba ona se u preparatima spomenute orijentacije ne može direktno opažati pomoću univerzalnoga stolića.

Sl. 3. Ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča). – Zavisnost glavnih indeksa loma Ng, Nm i Np od valne dužine svijetla u spektralnom području od $\lambda = 6907{,}5$ Å do $\lambda = 4358\ 3$ Å. Na ordinatama između disperzionih krivulja upisane su vrijednosti za dvolome Ng — Nm i Nm — Np.

Sl. 4. Ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča). – Disperzija dvoloma Ng — Np, Ng — Nm i Nm — Np u spektralnom području od $\lambda = 6907{,}5$ Å do $\lambda = 4358{,}3$ Å.

Sl. 5. Ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča). – Prijesjek paralelan drugom pinakoidu (010). Optička os A izlazeći u šiljastom kutu β zatvara s normalom na (001) kut V_1 (vrijednosti vidi u stupcu 6 tabele V); optička os B izlazeći u tupom kutu β zatvara s normalom na (001) kut V_2 (vrijednosti vidi u stupcu 7 tabele V). V je polovica kuta optičkih osi oko smjera Ng (stupac 8 tabele V).

Sl. 6. Ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča). – Međusobni položaj geometrijskih i optičkih elemenata predočen u stereografskoj projekciji s trećom osi [001] okomitom na ravninu projekcije. Uz smjerove Ng i Np i uz optičke osi A i B označeno je slovima r i v kraj nacrtanih strelica, kako se mijenja položaj tih elemenata s obzirom na stalan položaj kristala u spektralnom području od $\lambda = 6907{,}5$ Å do $\lambda = 4358{,}3$ Å. Svojom dužinom strelice zorno prikazuju veličinu disperzije svakoga od spomenutih elemenata. Veličina disperzije je s lijeve strane svake strelice označena za spomenuto spektralno područje i u minutama. S desne strane vertikalnoga promjera osnovnoga kruga projekcije navedena je veličina kuta Ng $\wedge$ [001] i polovica kuta optičkih osi NgA = V za monohromatsko Na-svijetlo.

ZUSAMMENFASSUNG

LUDLAMIT AUS DER GRUBE STARI TRG (TREPČA) BEI KOSOVSKA MITROVICA

Ungefähr vor einem Jahre wurde in der Blei-Zink-Lagerstätte Stari Trg (Trepča) im fünften Tiefbauhorizont (Meereshöhe 375 m) das seltene Mineral Ludlamit gefunden. Zwei kleine Exemplare wurden dem Autor zu Untersuchungen zur Verfügung gestellt. An einem Exemplar ist klar zu sehen, dass die Unterlage aus vollkommen frischem, nach der Basis (0001) dicktafeligem Pyrrhotinkristall besteht. An seiner Oberfläche befinden sich viele winzige, kaum 0,1—0,2 mm grosse Chalkopyritkristalle. Diese Sulfidunterlage ist mit 1—2 mm grossen Ankeritkristallen und mit einem lichtgrünen Ludlamitkristall überwachsen, dessen Flächen uneben und gestreift sind. Eine Ausnahme in dieser Hinsicht stellen die Flächen (100) dar, die immer eben und stark glänzend sind. Betreffs der Genesis dieses Ludlamits muss man den Schluss ziehen, er sei zu Ende der hydrothermalen Phase entstanden.

Durch die goniometrischen Messungen wurden vier Formen festgestellt und zwar c (001), a (100), q ($\bar{1}11$) und m (110). Die letzterwähnte Form konnte nur an einem der untersuchten Kristalle als schmale Fläche festgestellt werden. Die Flächen c (001) sind immer nach ihrer Kombinationskante mit q ($\bar{1}11$) gestreift. Dadurch kommen an diesen Flächen zwei Streifrichtungen zustande, die einander gewöhnlich nicht überdecken, sondern in der längeren der ersten kristallographischen Achse [100] entsprechenden Diagonale zusammentreffen (siehe Fig. 1a). Die Flächen ($\bar{1}11$) zeigen nur ein System der Streifungen parallel mit ihrer Kombinationskante mit (001). Aus diesem Grunde zeigen die Winkelwerte zwischen einzelnen Flächenpaaren ziemlich grosse Schwankungen. An den Spaltstücken nach (001) mit der natürlichen Fläche (100) konnte wegen der ausgezeichneten Spaltbarkeit nach (001) in Anbetracht der früher erwähnten Tatsache, dass die Flächen (100) fast immer glatt und eben sind, der Winkel (001) : (100) sehr genau gemessen werden. Aus drei Einzelwerten $79^0\ 31'$, $79^0\ 30'$ und $79^0\ 28'$ folgt der Mittelwert $79^0\ 30'$.

1. Die gegenseitige Beziehung der Elemente der optischen Indikatrix Ng (γ), Nm (β) und Np (α) und der geometrischen Elemente wurde eindeutig an den von den Spaltstücken nach (001) mit natürlicher Fläche (100) hergestellten Präparaten nach der Universaldrehtischmemethode ermittelt. Die Messungen wurden zwischen Segmenten, deren Brechungsindex n = 1,6476 im Na-Licht ist, ausgeführt. Aus den nach diesen Messungen mittels des Wulffschen Netzes entworfenen Beobachtungsstereogrammen (Fig. 2) war ohne weiteres zu entnehmen, dass die Ebene der optischen Achsen mit der Symmetrieebene (010) zusammenfällt. Aus der bekannten Lage der beiden Normalen auf das erste und das dritte Pinakoid kann man im Stereogramm auch die Lage der dritten Achse [001] konstruieren. Für jede der drei geometrischen Richtungen ⊥ (001), ⊥ (100) und [001] wurden danach im Beobachtungsstereogramm die Winkelkoordinaten zu den Hauptschwingungsrichtungen der optischen Indikatrix Ng, Nm und Np abgelesen und dieser Reihe nach in die Tabelle I eingetragen. Mit dem Buchstaben N ist in dieser Tabelle angegeben, dass die Richtung ⊥ (001) als Normale auf die Präparatebene in das Beobachtungsstereogramm eingetragen wurde, während mit dem Buchstaben K die Tatsache angegeben wird, dass die Lage der Richtung ⊥ (100) aus den direkten mittels des Universaldrehtisches gemachten Beobachtungen resultiert. In der vorletzten Kolonne rechts wird die aus dem Beobachtungsstereogramm entnommene Grösse des optischen Achsenwinkels und in der letzten Kolonne die Dicke jedes einzelnen Präparates angegeben.

Aus dem Stereogramm ist ersichtlich, dass bei der richtigen kristallographischen Stellung der Ludlamitkristalle aus der Grube Stari Trg (Trepča) die spitze Bisektrix Ng im spitzen Winkel β (also nach hinten) liegt. In diesem Winkel liegt auch die der direkten Beobachtung zugängliche optische Achse A, während die im stumpfen Winkel β liegende optische Achse B wegen der zu grossen Neigung mittels des Universaltischchens nicht erreichbar war.

Besonders möge hervorgehoben werden, dass während der theodolitmikroskopischen Untersuchungen trotz der grössten möglichen Kippungen keine Spur von Pleochroismus festgestellt werden konnte.

2. Die Brechungsindices wurden an einem vollkommen ebenem Spaltstück nach (001), dessen Länge fast 5 mm und Breite fast 3 mm betrug, mittels des Kleinschen Totalreflektometers (Lit. 16, Fig. 628, S. 652) im monochromatischen Licht der drei Spektrallinien der Quecksilberbogenlampe und im Lichte der Natriumosramlampe bestimmt. Die Resultate sind in der Tabelle II angegeben. In dieser Tabelle sind auch die den Brechungsindices entsprechenden Doppelbrechungen Ng — Np, Ng — Nm und Nm — Np angegeben. Die Resultate sind in Fig. 3 graphisch dargestellt.

3. Die Doppelbrechung Ng — Nm wurde an drei aus Spaltstücken nach (001) hergestellten Präparaten auch nach der Kompensatormethode im Na-Licht bestimmt. Die Resultate sind in der Tabelle III angeführt. Der Gangunterschied wurde mittels des Berek-schen Kompensators gemessen. An dem in dieser Tabelle unter Nr. 1 angeführten Präparat wurde die Doppelbrechung Ng — Nm auch im monochromatischen Licht der drei schon erwähnten Spektrallinien der Quecksilberbogenlampe bestimmt. Die Resultate sind in der Tabelle IV angegeben. In der Fig. 4 ist die Dispersion der Doppelbrechungen Ng — Np, Ng — Nm und Nm — Np (entsprechend der Tabelle II) graphisch dargestellt.

4. Nachdem die gegenseitige Lage der optischen und der geometrischen Elemente sowie auch die Brechungsindices (im besonderen der Brechungsindex Nm) bestimmt waren, konnte die genaue Bestimmung des optischen Achsenwinkels vorgenommen werden. Zu diesem Zweck bediente ich mich eines 0,22 mm dicken Spaltstückes nach (001). Die Messungen wurden mittels des optischen Universalapparates der Firma Fuess (Lit. 20, Fig. 715, S. 746) ausgeführt. Wegen der grossen Neigung der beiden optischen Achsen A und B gegen die Normale auf (001) konnten die Messungen nur in Flüssigkeiten ausgeführt werden.

Qualitativ konnte im weissen Licht im Wasser, Zedernholzöl und α-Monobromnaphtalin Folgendes festgestellt werden: Im Wasser kann man nur den Austritt der gegen die Normale auf (001) schwächer geneigten optischen Achse A betrachten. Die optische Achse B, deren Neigung gegen die Normale auf (001) grösser ist, war wegen der Totalreflexion nicht erreichbar. Die optische Achse A zeigt klar schwache Dispersion in diesem Sinne, dass man im Instrumente neben dem Achsenbalken bei der kleineren Neigung [d. h. näher gegen ⊥ (001)] blaue Färbung und bei der grösseren Neigung an der anderen Seite des Achsenbalkens rote Färbung beobachten kann.

Im Zedernholzöl kann man beide optischen Achsen erreichen, dabei ist aber die scheinbare Neigung der optischen Achse B so gross, dass es noch eben möglich ist, sie in die Mitte des Gesichtsfeldes zu stellen. Bei der weiteren Drehung der Kristallplatte wird das ganze Gesichtsfeld des Instrumentes sofort dunkel. Im Zedernholzöl waren beide Achsenbalken innen – d. h. näher gegen die Normale auf (001) – blau, aussen – dass heisst der grösseren Neigung gegen die Normale auf (001) entsprechend – rot.

Im α-Monobromnaphtalin zeigte die der Normale auf (001) nähere optische Achse A in der Mitte des Gesichtsfeldes keine sichtbare Dispersion. Der Achsenbalken zeigt auf beiden Seiten gleichmässig weisse Farbe. Die gegen die Normale auf (001) stärker geneigte optische Achse B zeigt sehr klar die Dispersion in dem Sinne, dass an der äusseren Seite des Achsenbalkens (d. h. bei der grösseren Neigung der Kristallplatte) blaue Farbe zu sehen ist und umgekehrt bei der kleineren Neigung an der inneren Seite des Achsenbalkens rote Farbe.

Aus dem eben Gesagten muss qualitativ auf die geneigte Dispersion der optischen Achsen geschlossen werden. Wenn man weiterhin bedenkt, dass die beschriebenen Erscheinungen über der Richtung Np, das heisst im stumpfen Achsenwinkel betrachtet wurden, und dass für die Dispersion des optischen Achsenwinkels die in Zedernholzöl, nicht aber in α-Monobromnaphtalin, festgestellte Erscheinungen massgebend sind, dann muss man für den spitzen optischen Achsenwinkel 2 V um die Richtung Ng auf die Dispersion $r > v$ schliessen. Diese Dispersion ist überdies auch schwach, wie dies die quantitativen Untersuchungen, zu deren Beschreibung wir jetzt übergehen wollen, zeigen.

Es wurden die scheinbaren Neigungen H_1 und H_2 (siehe die Tabelle V) der optischen Achsen A und B gegen die Normale auf (001) im α-Monobromnaphtalin gemessen. Zu diesem Zweck wurde zuerst die Lage der Normale auf (001) durch die Gauss-sche Methode der Autokollimation festgestellt. Aus zehn Einzelbestimmungen mit der grössten Differenz von 5′ zwischen zwei einzelnen Aufstellungen der Kristallplatte konnte man folgern, dass der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels $\pm 0{,}5'$ beträgt. Danach wurden die Winkel H_1 und H_2 gemessen. Die Mittelwerte aus 10 Einzelbestimmungen sind für die in der Kolonne 1 angegebenen Wellenlängen in den Kolonnen 2 und 3 der Tabelle V mit mittlerem Fehler des aritmetischen Mittels angeführt. In Klammern ist die grösste Differenz zwischen zwei Einzelbestimmungen angegeben. In der Kolonne 4 ist der Brechungsindex n des α-Monobromnaphtalins für 22°C angegeben; bei dieser Temperatur wurde nämlich H_1 und H_2 gemessen. Die Kolonne 5 enthält die Brechungsindices Nm des Ludlamites aus der Grube Stari Trg (Trepča), wie sie in der Tabelle II angegeben wurden. Nach den Formeln

$$\sin V_1 = \frac{n \cdot \sin H_1}{Nm} \quad \text{beziehungsweise} \quad \sin V_2 = \frac{n \cdot \sin H_2}{Nm}$$

können aus den in den Kolonnen 2—5 der Tabelle V enthaltenen Daten die wahren Neigungen V_1 und V_2 der beiden optischen Achsen A und B im Minerale selbst gegen die Normale auf (001) berechnet werden. Aus V_1 und V_2 ist dann nach der Formel

$$2\,V = 180^0 - (V_1 - V_2)$$

der spitze optische Achsenwinkel 2 V erhältlich. Die erhaltenen Werte sind in der Kolonne 8 angegeben. Durch das Vorzeichen + in dieser Kolonne ist der positive optische Charakter des Minerals markiert.

5. Aus den in der Tabelle V enthaltenen Angaben kann man die Winkel der Richtungen Ng und Np gegen die Normale auf (001) berechnen. Weiterhin sind in Anbetracht dessen, dass der Winkel (100) : (001) = 79° 30′ gemessen wurde, auch die Neigungen der Richtungen Ng und Np gegen die dritte kristallographische Achse zu ermitteln. Aus der Fig. 5, die die Verhältnisse in der Symmetrieebene darstellt, ist nämlich leicht zu ersehen, dass

$$Ng \wedge \perp (001) = V + V_1$$

beziehungsweise

$$Np \wedge \perp (001) = 90^0 - (V + V_1)$$

ist und ähnlich

$$Ng \wedge [001] = (V + V_1) - (\beta - 90)$$

beziehungsweise

$$Np \wedge [001] = \beta - (V + V_1)$$

Für das Licht der verschiedenen Spektrallinien sind in dieser Weise für die Richtungen ⊥ (001) und [001] die in der Tabelle VI enthaltenen Angaben berechnet. Von den drei Winkelangaben bezieht sich – ähnlich wie früher – die erste immer auf die Richtung Ng, die zweite auf Nm und die dritte auf Np. Aus dieser Tabelle ist ohne weiteres zu entnehmen, dass die dritte Achse [001] mit der Richtung Ng der optischen Indikatrix im Licht der Hg-Linie $\lambda = 6907{,}5$ Å den Winkel von 67° 57′ schliesst. Dieser Winkel wird im Licht kürzerer Wellen ein wenig grösser und beträgt für die indigoblau Hg-Linie ($\lambda = 4358{,}3$ Å) 68° 17′. Ähnliches gilt auch für die Bisektrix Np.

Die Dispersion der beiden optischen Achsen ist sehr schwach. Das ist ohne weiteres den Kolonnen 6 und 7 der Tabelle V zu entnehmen, wo die Neigungen V_1 und V_2 der beiden optischen Achsen gegen die fixe geometrische Richtung ⊥ (001) des Ludlamites angegeben sind. Die Dispersion der optischen Achse A ist schwach, jene der optischen Achse B aber noch schwächer; diese letztere beträgt nämlich in dem Spektralgebiet von $\lambda = 6907{,}5$ Å bis $\lambda = 4358{,}3$ Å nur 8′.

Diese Ergebnisse sind in Fig. 6 stereographisch mit der c-Achse in dem Mittelpunkt des Grundkreises dargestellt. Von den geometrischen Elementen sind noch ⊥ (100), ⊥ (001) und [010] eingezeichnet; ausserdem sind noch die Lagen der optischen Elemente Ng, Nm = [010], Np und der optischen Achsen A und B eingetragen. Für Ng, Np, A und B ist mit den Buchstaben r (rot) und v (violett) neben den Pfeilen die Bewegung des betreffenden Elementes im Spektralgebiet von 6907,5 Å bis 4358,3 Å bezeichnet. Die Grösse der Bewegung ist in Minuten angegeben. Rechts vom vertikalen Durchmesser sind auch die Winkel der Richtung Ng gegen die [001] -Richtung und gegen die optische Achse A im Na-Licht angeführt.

In der Tabelle VII ist ein Überblick über die bisherigen optischen Untersuchungen der Ludlamite aus verschiedenen Fundorten gegeben. In der Kolonne 8 sind die aus den Brechungsindices berechneten Werte des optischen Achsenwinkels 2 V angegeben. In den Kolonnen 9, 10 und 11 sind die den Brechungsindices Ng, Nm und Np entsprechenden Doppelbrechungen Ng — Np, Ng — Nm und Nm — Np gegeben. Die von Buttgenbach gegebene Grösse 0,0269 für die Doppelbrechung Ng — Np ist aber anders erhalten, worüber noch später die Rede sein wird. Für den Ludlamit aus Stari Trg (Trepča) ist in der 10. Kolonne die den

Brechungsindices entsprechende Doppelbrechung Ng — Nm (0,0211) und dazu auch dieselbe direkt nach der Kompensatormethode bestimmte Doppelbrechung (0,0214) angeführt.

Die Ebene der optischen Achsen ist nach allen Autoren (010). Die Angaben für den Auslöschungswinkel Ng $\wedge$ c stimmen gut überein mit einer Ausnahme, die mit Müllbauers Angaben in Beziehung steht. Nach Müllbauer (Lit. 7, S. 332) müsste Np $\wedge \perp$ (001) um -28^0 betragen. Wenn wir $\beta = 100^0\,30'$ annehmen, dann würde für den Ludlamit von Hagendorf Ng $\wedge$ [001] = $+51^0\,30'$ resultieren. Das weicht aber stark von allen übrigen Angaben ab. Dieser Widerspruch kann nur durch neue Untersuchungen gelöst werden.

Die von Larsen (Lit. 6, S. 223) angeführte Grösse des optischen Achsenwinkels $+82^0$ ist um $9^0\,8'$ kleiner als die entsprechende aus seinen Brechungsindices berechnete Grösse dieses Winkels. Es wäre demnach nötig, die optischen Eigenschaften für den Ludlamit aus Cornwall einer Revision zu unterziehen. Aus den von Berman (Lit. 8) bestimmten Brechungsindices des Ludlamites von Hagendorf folgt für den optischen Achsenwinkel die Grösse 2 V = $+89^0\,32'$, die ziemlich stark von den direkten am Material aus anderen Fundorten ausgeführten Bestimmungen abweicht.

Aus der Tabelle VII ist ersichtlich, dass die Doppelbrechung des Ludlamites stark ist. Direkte Bestimmungen nach der Kompensatormethode bestehen nur für die Doppelbrechung Ng — Nm am Ludlamit aus der Grube Stari Trg (Trepča). Ausserdem bestehen zwei Angaben für die Doppelbrechung in den der Spaltfläche (001) entsprechenden Schnitten und zwar für den Ludlamit aus Stari Trg (Trepča) und für den Ludlamit aus Cornwall. Messungen am Ludlamitmaterial aus dem letzterwähnten Fundort hat 1919 Buttgenbach ausgeführt (Lit. 5, S. B 69). Seine Angabe und die aus ihr berechnete Grösse der maximalen Doppelbrechung Ng — Np weicht inzwischen stark von allen übrigen Angaben ab, die sonst gut übereinstimmen. Eine Ausnahme in dieser Hinsicht stellt nur die maximale Doppelbrechung dar, die aus den von Larsen bestimmten Brechungsindices folgt und die ein wenig zu gross ist. Aus diesem Grunde habe ich an denselben drei Präparaten, an denen ich die Doppelbrechung Ng — Nm für den Ludlamit aus der Grube Stari Trg (Trepča) gemessen habe (siehe die Tabelle III), auch die Doppelbrechung der Spaltblättchen (001) selbst bestimmt. Ich habe im Na-Licht folgende Werte erhalten

am Präparate	Nr. 1	0,0200
» »	Nr. 2	0,0197
» »	Nr. 3	0,0195
	Mittel	0,0197

Diese Doppelbrechung entspricht der Differenz zwischen den Brechungsindices, von denen der eine Nm ist, während der andere höhere Brechungsindex den Wert des maximalen Brechungsindex Ng nicht erreicht. Er wird in der Tabelle VII und im Folgenden mit n_g bezeich-

net. Aus der an den Spaltstücken nach (001) für den Ludlamit aus der Grube Stari Trg (Trepča) ermittelten Doppelbrechung n_g — Nm = 0,0197 kann man die maximale Doppelbrechung Ng — Np nach der Formel

$$Ng - Np = \frac{n_g - Nm}{\sin V_1 \cdot \sin V_2}$$

berechnen. In dieser Formel haben V_1 und V_2 dieselbe Bedeutung, wie in der Tabelle V. Das sind die Neigungen der optischen Achsen A und B gegen die Normale auf (001). Wenn wir der Tabelle V die entsprechenden Grössen dieser Winkel für Na-Licht entnehmen, dann erhalten wir

$$Ng - Np = \frac{0{,}0197}{\sin 36^0\,49'\,48'' \cdot \sin 59^0\,50'\,6''}$$

oder $$Ng - Np = 0{,}0380.$$

Das stimmt sehr gut mit der aus den Brechungsindices des Ludlamites aus Stari Trg (Trepča) folgenden maximalen Doppelbrechung Ng — Np = 0,0381; desgleichen gilt auch für den Ludlamit von Palermo mine, dann für jenen aus Hagendorf und jenen aus dem District Blackbird.

Nach derselben Methode hat H. Buttgenbach für die Doppelbrechung Ng — Np des Ludlamites aus Cornwall die Grösse 0,0269 berechnet. Die Grösse der Doppelbrechung n_g — Nm schwankte in 6 von Buttgenbach durchgeführten Einzelbestimmungen von 0,0139 bis 0,0145. Die Übereinstimmung der 6 Einzelbestimmungen kann also als eine gute bezeichnet werden. Die von Buttgenbach bestimmte Doppelbrechung n_g — Nm ist aber wesentlich kleiner als die entsprechende von mir gefundene Doppelbrechung. Demzufolge ist auch die von Buttgenbach berechnete maximale Doppelbrechung Ng—Np=0,0269 für den Ludlamit aus Cornwall wesentlich kleiner als alle von anderen Autoren gegebenen Werte für die maximale Doppelbrechung des Ludlamites. Man muss den Schluss ziehen, dass in Buttgenbach's Bestimmungen ein systematischer Fehler enthalten ist. Er führte seine Bestimmungen so aus, dass er den Gangunterschied mittels des Quarzkeiles und die Dicke der Spaltblättchen mittels des Mikrometers gemessen hatte. Es ist schwieriger anzunehmen, dass der systematische Fehler von Buttgenbach in der Messung des Gangunterschiedes begangen wurde. Es ist im Gegenteil wahrscheinlicher, dass der systematische Fehler in seinen Messungen der Dicke zustandegekommen ist. Die Dicken bestimmte er immer grösser, als sie tatsächlich waren. Diesen Fehler auszuschalten war vielleicht um so schwieriger, weil die von Buttgenbach benutzten Spaltblättchen sehr dünn waren. Ihre Dicke betrug 0,0035 — 0,0125 mm und sie erreichte manchmal bei weitem nicht die Dicke der normalen Dünnschlieffe.

Übereinstimmend nach allen Untersuchungen ist die Dispersion – wie aus der Tabelle VII zu entnehmen ist – des optischen Achsenwinkels schwach r > v. Betreffs der Dispersion besteht in der Literatur noch

die qualitative Angabe von F. Field und N. S. Maskelyne (Lit. 1, S. 69), dass die Dispersion der Bisektrizen fast Null ist. Die Untersuchungen des Ludlamites aus Stari Trg (Trepča) bestätigen das auch quantitativ (siehe Abteilung II, 5 dieser Arbeit und Fig. 6).

Wir müssen hier noch kurz das Mineral Anglarit berücksichtigen, wofür A. Lacroix den Namen Augelardit vorgeschlagen hat (Lit. 22, S. 523 — 524). Nach Lacroix haben wir es hier mit einem fein faserigen Mineral zu tun, von blauer, violettblauer bis grauer Farbe. Die Dichte ist wechselnd (um 2,77), die Lichtbrechung hoch (1,7) und die Doppelbrechung sehr schwach. Dieses Mineral wird in der Literatur mehrmals zusammen mit Vivianit erwähnt (Lit. 23, S. 498; Lit. 24, S. 402). Lacroix betont ausdrücklich, dass er nicht imstande war, seine optischen Eigenschaften vollständig zu bestimmen. Unter diesen gibt er noch den positiven Charakter der Hauptzone und den sehr starken Pleochroismus an (Ng = dunkelblau, Nm = hellviolett und Np = farblos), der an den Pleochroismus des Glaukophans erinnert. Diese Eigenschaften zusammen mit der chemischen Zusammensetzung des Minerals erlauben nach Lacroix keinen Zweifel darüber, dass hier ein selbstständiges Mineral vorliegt. Wenn man diese Substanz einem der bekannten Minerale näher stellen will, so soll dies nach Lacroix anscheinend nicht Vivianit, sondern Ludlamit sein. Wir müssen indessen bemerken, dass keiner der Autoren, die den Ludlamit untersucht hatten, den Pleochroismus erwähnt. Dieser konnte auch am Ludlamit aus Stari Trg (Trepča) nicht festgestellt werden. Ausserdem wurde auch die Doppelbrechung des Ludlamits immer hoch befunden. In Anbetracht dessen müssen wir den Schluss ziehen, dass dieses ungenügend untersuchte Mineral auch dem Ludlamit nicht näher zu stellen ist. Womit man es eingentlich in diesem Fall zu tun hat, das können nur neue, vollständigere Untersuchungen eventuell bestimmen.

MIROSLAV TAJDER

PETROGRAFIJA RUDNOG PODRUČJA SREBRENICE U BOSNI

U ljetu god. 1949. imao sam zadatak da s ing. Ivanom Jurkovićem izvršim petrografsko kartiranje rudnog područja Srebrenica – Sase. To se područje nalazi istočno i sjeveroistočno od Srebrenice, i već je od davnine poznato kao bogato rudište sfalerita, a naročito srebronosnog galenita. Kartiranje je izvršeno u relativno kratkom vremenu uz sudjelovanje ing. Majera, ing. Tribussona i ing. Kučara, u ono vrijeme studenata rudarstva.

Snimljena karta u omjeru 1 : 10.000 priložena je ovoj radnji.

Tom je prilikom sakupljen bogat petrografski materijal, naročito efuzivnih stijena i nešto metamorfoziranih glinenih škriljaca. Rezultati mikroskopskih i kemijskih istraživanja tih stijena čine sadržaj ove publikacije.

Ovim nije završen rad oko petrografije Srebrenice. God. 1950. proboravio sam desetak dana u Srebrenici i obašao u nekoliko tura krajeve sjeverno i sjeverozapadno od mjesta. Tada sam sakupio još materijala, koji će biti predmet daljih studija. To će u znatnoj mjeri upotpuniti petrografsku sliku ovog zanimljivog područja. Svakako će tim proučavanjima znatno pridonijeti i istražni rudarski radovi, koji se momentano vrše između Lisca i Kvarca.

I. HISTORIJAT PETROGRAFSKOG ISTRAŽIVANJA SREBRENIČKE ERUPTIVNE ZONE

Potkraj prošlog stoljeća dobili smo prve vijesti o petrografskom sastavu područja Srebrenice. U to doba, baš s obzirom na eksploataciju ruda, došli su u te krajeve najbolji austrijski geolozi *Tietze, Mojsisovics i Bittner*. Oni su publicirali rezultate svojih istraživanja u jednoj

opsežnoj monografiji (Lit. 1). U drugom dijelu te knjige opisao je E. Tietze geologiju istočne Bosne pod naslovom: »Die Gegenden von Vlašenica und Srebrenica«. Tietze spominje kod sela Šušnjara (Kišpatić je kasnije ispravio zabunu Tietzeovu, jer se zapravo radi o selu Potočari) »trahit«, koji se sastoji od plagioklasa i sanidina, a čini se, da posljednji preteže. Dalje kaže, da se najuža okolina Srebrenice sastoji ne od pravih trahita, već da preteže andezitsko kamenje. Trahiti i andeziti probili su ovdje paleozojske škriljce. Tietze drži prema analogiji s maglajskim eruptivima, da su i srebrenički eruptivi tercijarne starosti. Za taj zaključak bio je odlučan habitus navedenih stijena.

Tietze je petrografski materijal dao na istraživanje Johnu, koji u četvrtom dijelu navedene knjige: »Ueber krystalinische Gesteine Bosniens und der Hercegovina« opisuje i eruptivne stijene s područja Srebrenice. John je odredio efuzivnu stijenu od sela Potočara kao trahit, pošto je mikroskopski utvrdio među utruscima sanidin, koji da dolazi u ojednakoj količini kao i plagioklas. Po njemu kamen stoji dakle između pravog trahita i andezita, te mu je dao ime »sanidinoligoklastrahit«. Uz glinence dolazi još biotit i rogovača i po koje zrnce augita.

Stijene od same Srebrenice odredio je John kao »kremeni propilit«. Za ime propilit se John odlučio zbog metamorfoze rogovače i biotita u epidot, zbog uklopaka tekućine u kremenu, te čisto kristaline osnove. U ovoj posljednjoj nalaze se sekundarni minerali: kalcit, epidot, klorit i često pirit.

Efuzivne stijene Ljubovije, sjeverno od Srebrenice, odredio je kao dacit.

Prvih godina ovog stoljeća zašao je u srebreničke krajeve naš petrograf *M. Kišpatić*. On je u svojoj studiji o andezitima i dacitima iz srebreničke okoline (Lit. 2) obradio eruptive iz samog mjesta Srebrenice i sjeverno od nje prema Ljuboviji. Kišpatić ispravlja navode Tietzeove o trahitu od Šušnjara. U prvom redu je ta stijena uzeta od sela Potočara, a ne od Šušnjara, i nadalje, ova stijena po svom mineralnom sastavu nije trahit, nego hiperstenski andezit. U zaključku svojih razmatranja M. Kišpatić piše (Lit. 2, str. 4): »I ta razdioba dovodi nas bliže pravom shvaćanju tamošnjeg kamenja, jer to kamenje imamo razdijeliti na dvije hrpe, na *dacite*, koji obuhvaćaju Johnove dacite i propilite, i na *hiperstenske andezite*, koji su identični s Walterovim crnim trahitom i s Johnovim trahitom od Šušnjara«.

Evo kratkog opisa Kišpatićevih istraživanja. Kako ona tvore s mojim istraživanjima jednu cjelinu (Kišpatić je obradio efuzive iz same Srebrenice i iz područja sjeverno od Srebrenice, a u ovoj su radnji obrađene stijene iz područja istočno i sjeveroistočno od Srebrenice), bit će na koncu povučena paralela između oba područja.

A. Andeziti:

1. *Hiperstenski andezit kod sela Potočari.* Smeđesive boje. Porfirna struktura. Osnova se sastoji od glinenaca s nešto apatita i hiperstena. Kao fenokristali dolaze plagioklasi iz grupe baznih labradora sa 62% an, zatim biotit i hipersten. Po kemijskoj analizi (od F. Tućana) vidi se, da je stijena dosta kisela te ima 62% SiO_2, i da ima mnogo alkalija: 6,73% Na_2O i 1,25% K_2O. Slobodne, nevezane kremične kiseline bilo bi 4,24%.

2. *Hiperstenski andezit od Sikirića.* Stijena je sivkastocrne boje. Porfirna struktura izražena. Osnova je sastavljena od glinenaca i rompskih i monoklinskih piroksena. Uz njih dolaze još magnetit i apatit. Fenokristali su glinenci, i to bitovnit sa 75% an, amfiboli, biotit, pa rompski i monoklinski piroksen. Kemijska analiza (od F. Tućana) pokazuje 58,28% SiO_2, ali manje alkalija nego andezit od Potočara, i to: 3,59% Na_2O i 1,91% K_2O. Proračun je pokazao i veći postotak slobodne kremične kiseline 14,64%. Walter je kao rudar opisao ovakve tamne stijene na osnovu čisto megaskopskih opažanja, i nazvao ih je crnim trahitima (Lit. 13 str. 100) .

3. *Hiperstenski andezit iz Crvenog potoka* (iznad Velikog Gubera) sličan je onom od Sikirića. Fenokristali su labradori s 56% an. Prilično je rastrošen.

B. Daciti:

1. *Dacit od Ljubovije.* Po Walteru bi dacit bio nosilac srebronosnih galenita. Osnova mu je posve kristalina, i to »mikrogranitska«, pa po Johnu ima lice »granitična kamena«. Osnova je sastavljena od glinenaca i kremena, zatim nešto amfibola i apatita. Porfirno su izlučeni: plagioklas, kremen, biotit i amfibol. Plagioklas pripada bitovnitu. Analiza pokazuje veliku količinu SiO_2, i to 66,59%, i isto tako i veliku količinu alkalija: 6,00% Na_2O i 0,60% K_2O. Proračunana slobodna kremična kiselina iznosi 19,66%.

2. *Dacit od Kneževca u Srebrenici.* Sive boje. Slabo izražene porfirne strukture. Osnova je mikrogranitska, a sastoji se od glinenaca, kremena, biotita i posve rastrošena amfibola. Porfirno izlučeni su plagioklas, labrador sa 63–66% an, biotit, kremen i rastrošeni amfibol. Kemijska analiza je dala 63,50% SiO_2, 3,10% Na_2O i 5,00% K_2O.

3. *Dacit od Protina Hana* (na cesti između Potočara i Srebrenice). Jasne je porfirne strukture. Osnove slične kao i daciti od Kneževca i Ljubovije. Porfirno izlučeni plagioklasi su bazični labradori do kiseli bitovniti s 64–72% an. Amfibol i biotit su posve rastrošeni.

4. *Dacit ispod kasarne u Srebrenici.* Sličan je pređašnjima, samo je još više rastrošen.

Kako se vidi, dosad poznati podaci o efuzivnim stijenama Srebrenice govore o području same Srebrenice i o području sjeverno od nje. Međutim o stijenama istočno i sjeveroistočno i od Srebrenice, u kojem leži rudonosno područje, nema nikakvih podataka.

II. NAČIN DOLAŽENJA EFUZIVNIH STIJENA U PODRUČJU SREBRENICA – SASE

Građa rudonosnog terena Srebrenica–Sase vrlo je jednostavna. Stare paleozojske sedimente, tamne glinene škriljce, probila je na mnogo mjesta lava u obliku tanjih ili debljih žica i tanjih ili debljih ploča. Neke su efuzije bile vjerojatno izlivene na samoj površini ili vrlo blizu nje. Osnova takvih stijena je kriptokristalasta, gusta, u kojoj bi se moglo nazreti još i nešto stakla. Takve su stijene redovno i slabije zahvaćene hidrotermalnom metamorfozom. Druga grupa stijena ima »zrnastu«, »mikrogranitsku« osnovu, fenokristali su dobrim dijelom metamorfozirani djelovanjem hidrotermalnih procesa, a osnova im je puna kalcita i negdje pirita. Ova druga grupa efuziva izlila se u dubljim partijama ispod površine, gdje su uz pomoć vode dobili i zrnastiju osnovu. Zato su kod njih i hidrotermalne metamorfoze opsežnije. To bi bile tipične »subvulkanske efuzije«. Za ovaj je tip stijena, nema sumnje, vezana mineralizacija srebreničkog rudnog područja.

Jakom erozijom odnesen je s njih pokrivač glinenih škriljaca, te se dobar dio efuziva nalazi na površini. Rudarski su radovi međutim pokazali, da još ima mjesta, gdje se ispod glinenih škriljaca, koji se nalaze na površini nalaze proboji andezita, pa negdje manje krpe glinenih škriljaca poput tanke kape pokrivaju efuzive.

U područjima jakih proboja efuziva glineni su škriljci manje ili više metamorfozirani.

Ima mjesta, gdje se nalaze veći blokovi efuziva bez direktne veze s korijenom. To su žice ili slivovi lave razbijeni u blokove. Oni su sačuvani od trošenja, dok je lako drobljivi glineni škriljac denudacija potpuno odnijela. Takvih se blokova nalazi naročito sjeverozapadno od Srebrenice.

Na nekim mjestima, kao kod Diminića, zapaženo je već u prilično rastrošenim efuzivima lijepo kuglasto lučenje.

III. DACITI PODRUČJA SREBRENICA – SASE

1. Bitovnitski dacit od sela Diminića

Iznad sela Diminića dolazi u razlomljenim blokovima tamni vrlo svježi dacit. Stijena je vrlo žilava, a pri udarcu čekićem lijepo zvoni. Megaskopski se zapaža porfirna struktura s gustom osnovom i sitnim utrusecima pločastih glinenaca, tamnih listića biotita i štapića amfibola. Bojom i izgledom stijena podsjeća na bazalt.

U izbrusku pod mikroskopom vidi se tipična porfirna struktura. Sastoji se od ovećih fenokristala plagioklasa i biotita, manje kremena,

amfibola, a još manje monoklinskog i rompskog piroksena. Guste je holokristaline osnove. Kao sporedni minerali dolaze: magnetit, apatit, titanit i kalcit, a kao produkt metamorfoze klorit.

Plagioklasi dolaze u idiomorfnim i hipidiomorfnim kristalima, redovno kao sraslaci, dvojci ili trojci, zatim u formi polisintetskih lamela. Neki su zonarno građeni s vrlo uskim zonama. Prema navedenim mjerenjima najčešći je albitski, a zapažen je još karlovarski, kompleksni karlovarsko-albitni i periklinski zakon. Neki imaju sićušnih uklopaka stakla ili minerala osnove. Vrlo su svježi, a tek pojedini kristali su malo raspucani.

Po svom sastavu pripadaju većinom bitovnitima s oko 80% an. No karakteristično je, da ima među fenokristalima i mnogo kiselijih plagioklasa s 50 i 56% an. Mjerenja Fedorovljevom metodom dala su ove rezultate:

Tabela 1

$B_{1/2}$	$35^1/_2$	56	$80^1/_2$	[010]	50% an	6 WSW	$2V = +88^0$
$D_{1/2}$	$54^1/_2$	$40^1/_2$	75	RS	51% an	5 OSO	
$B_{1/2}$	34	$59^1/_4$	$77^1/_4$	⊥ (010)	56% an	5 WSW	$2V_1 = +78^0$
$D_{1/2}$	34	$59^1/_4$	$77^1/_4$	⊥ (010)	56% an	5 WSW	$2V_2 = +79^0$
$B_{1/2}$	41	$63^1/_2$	$61^1/_4$	⊥ (010)	81% an	2 NO	
$D_{1/2}$	$41^1/_2$	63	$61^1/_2$	⊥ (010)	81% an	2 NO	
$B_{1/2}$	$57^1/_2$	$82^1/_2$	34	[001]	78% an	$^1/_2$ NW	
$D_{1/2}$	$38^1/_2$	$63^1/_2$	$63^1/_2$	⊥ (010)	77% an	1 NO	
$B_{1/2}$	42	$63^1/_2$	62	⊥ (010)	81% an	2 NO	$2V = +81^1/_2{}^0$
$B_{2/3}$	56	$83^1/_4$	34	[001]	79% an	$^1/_2$ SO	
$B_{1/3}$	$71^1/_4$	$28^1/_4$	$69^1/_4$	⊥ [001] / (010)	79% an	$1^1/_2$ SW	
$D_{1/2}$	$41^1/_4$	$63^1/_4$	$62^1/_2$	⊥ (010)	80% an	$1^1/_2$ NO	

srednja vrijednost: 70% an

Napominje se, da su na plagioklasima mjerenja izvršena s prilično poteškoća, s obzirom na zonarnu strukturu, sraslačke lamele i dosta nejednoliko potamnjenje.

Biotit je najčešći feromagnezijski mineral. Dolazi u idiomorfnim kristalima s jasno izraženim karakterističnim pleohroizmom u svijetložutim i tamnosmeđim bojama. Kristalni individui su negdje slabo zaobljeni zbog magmatske korozije i obavijeni tankim rubom opacita. Često uklapa manje kristale plagioklasa i sitne kristaliće apatita.

Biotit nije jednoliko rasprostranjen po stijeni. Očito se zapaža, kako ga u nekim preparatima ima više, a u drugim preparatima manje.

Amfibol je rjeđi od biotita. Dolazi uvijek u većim idiomorfnim kristalima, koji su redovno obavijeni tankim opacitskim rubom. Ima prilično jaki pleohroizam u žutim i smeđim bojama poput biotita, od kojega se često razlikuje samo svojim karakterističnim kutom potamnjenja. Mjerenjem na teodolitnom mikroskopu dobivena je prosječna vrijednost Ng : [001] = 17°. Kut optičkih osi velik: 2 V = — 85 — 88°. Po svim navedenim karakteristikama to je obična rogovača. Sraslaci su dosta česti. Sraslački šav smjerom prvog pinakoida (100) presijeca tada sraslac dvojak čineći s prizmatskim kalotinama oštri kut. Titrajni smjer Nm, kristalografska os [001] i prizmatska kalavost podudaraju se u oba individuuma.

Zapažen je i jedan sraslac od tri individuuma. Dva su sraštena po običnom zakonu smjerom prvog pinakoida, i oba su uložena koso u treći individuum. Titrajni smjer Nm trećeg individuuma podudara se s titrajnim smjerovima Nm u prva dva individuuma. Kristalografske osi [001] prva dva i trećeg čine među sobom kut od kojih 60°. Konstruirana sraslačka os između jednog od prva dva i trećeg individuuma čini 30 — 32°. To bi govorilo, da je jedan individuum prvog sraslačkog para sršten s trećim smjerom (101) t. j. sraslačka os je okomica na tu plohu. Odstupanja od teoretskih vrijednosti su malo veća, nego što su obične pogreške mjerenja na teodolitnom mikroskopu, jer se titrajni smjerovi nisu dali dobro namještati. Svakako da je tome razlog priličan pleohroizam amfibola.

Pirokseni su mnogo rjeđi od biotita i amfibola. To su monoklinski piroksen i rompski piroksen. Monoklinski piroksen, *diopsid*, toliko je rijedak, da ga i nema u svakom preparatu. Dolazi u idiomorfnim stupićastim kristalima s dobrom kalavošću. Bezbojan je. Potamni koso 36 — 38°. Ističe se svojim visokim interferentnim bojama. Karakteristično je, da, za razliku od hiperstena, ne pokazuje ni tragova metamorfoze.

Hiperstena ima također malo. Neravnomjerno je raspoređen po stijeni, te ne dolazi u svakom preparatu. Obično je razvijen u tanjim idiomorfnim štapićastim kristalima. Od diopsida se razlikuje odmah svojim paralelnim potamnjenjem i niskim, sivkastim interferentnim bojama. Zahvaćen je metamorfozom, pa na rubovima i uz pukotine kalavosti prelazi u biotit i klorit. Na nekim zrnima može se konstatirati i metamorfoza u amfibol. Te bismo metamorfoze mogli shvatiti djelomice kao magmatske procese, naročito prijelaz piroksena u amfibol i biotit, a djelomice kao hidrotermalne procese, za koje bi bio karakterističan prijelaz hiperstena u klorit. Kloritizacija je neke hiperstene potpuno zahvatila, te se mogu sada još konstatirati samo krpe klorita.

Neki pirokseni uklapaju u sebi i karbonatnih minerala u vrlo malim količinama.

Kremen dolazi u dosta velikim ali nepravilnim zrnima. Ovo je osnovna razlika od kremena u drugim dacitima područja Srebrenice,

u kojima je kremen jako zaobljen. Konstatiran je ipak jedan veliki kristal kremena, gotovo idiomorfan, na uglovima od magmatske resorpcije malo zaobljen. Ovaj kremen ima u sebi uklopaka plagioklasa.

Magnetit je razbacan u osnovi u formi nepravilnih zrna.

Apatit dolazi u formi karakterističnih štapićastih do stubičastih kristala.

Titanit je vrlo rijedak. Nalazimo ga kao nakupine nepravilnog zrnja, koja se iz osnove ističu visokim eksponentom loma i velikim dvolomom.

Kalcit dolazi kao sitnozrnast agregat, no ima ga u krupnim kristaloidima, koji su veliki kao i pojedini fenokristali plagioklasa. Ovi veliki individuumi kalcita nalaze se u osnovi kao samostalna tijela nezavisna od drugih silikatnih minerala, pa ih je teško shvatiti kao produkt metamorfoze.

Osnova je gusta kriptokristalina. S velikim povećanjem mogu se u njoj razabrati leukokratski minerali, mikroliti glinenca i vjerojatno kremena, zatim sitni listići smeđastog minerala, vrlo vjerojatno biotita.

Kemijska analiza te stijene dala je ovaj rezultat:

Tabela 2

Analitičar: *M. Tajder*

			Nigglijeve vrijednosti:
SiO_2	59,22		
TiO_2	0,89	si	200
Al_2O_3	16,44	al	33
Fe_2O_3	2,63	fm	30
FeO	2,91	c	24
MnO	0,11	alk	13
MgO	2,83		
CaO	6,65		
Na_2O	2,13	k	0,48
K_2O	2,89	mg	0,48
P_2O_5	1,02		
CO_2	0,19	ti	2,2
H_2O-	1,06	p	1,4
H_2O+	1,44	qz	40
	100,41	magmatski tip:	tonalitski

Kemijska analiza pokazuje slabo kiseli karakter. Količina kalcija, magnezija i alkalija dobro odgovara kemizmu tonalitske magme. Međutim treba istaći interesantan postotak kalija i natrija, koji u je težinskim procentima povoljniji za kalij. Količina kalija ne odgovara kemizmu normalnih kalcijsko alkalijskih stijena, kod kojih je količina kalija mnogo manja.

Ova, kao i sve ostale analize proračunane su poznatim načinom po Niggliju (lit. 3 i 4) u »bazu«, normativni i konačno u stvarni sastav. U ovom slučaju malena količina piroksena, koja je sastavni dio dacita od Diminića, nije uzeta u račun pri preračunavanju u stvarni sastav, jer njihova količina iznosi tek koju desetinku postotka. Kako ovaj pro-

račun daje tek približne vrijednosti, u kojima desetinke postotka padaju u granice načinjenih pogrešaka računa, navest ćemo piroksene tek kao nazočne minerale.

Tabela 3

»Baza«		Normativni sastav		Modalni sastav	
Q	45,3	Q	17,8	Q	22,9
Kp	10.6	Or	17,6	Or	9,4
Ne	12.0	Ab	20,0	Ab	19,8
Cal	16,7	An	27,8	An	27,4
Cs	0,2	Wo	0,3	Ho	1,9
Fs	2,8	Hy	2,9	Bi	13,1
Fa	3,6	En	8,0	Di, Hy	tr
Fo	6,0	Cp	2,1	Ap	2,1
Cp	2,1	Ru	0.7	Ru	0,7
Ru	0,7	Mt	2,8	Mt	2,7
	100,0		100.0		100,0

U modalnom sastavu navedeni su glinenci kao njihove komponente. Tome je razlog, što se glavna masa glinenca nalazi u osnovi, koje mineralni sastav možemo na osnovu proračunanog modalnog sastava tek pretpostavljati. Ako uzmemo Ab i An, dobivamo 47,2% plagioklasa s prosječnom vrijednošću od 58% an. Prosječna je vrijednost mjerenih fenokristala plagioklasa 70% an, a to znači, da u osnovi imamo mnogo kiselije plagioklase. 9,4% Or nalazi se u osnovi kao sanidin, ili možda s nekom količinom Ab kao anortoklas. U svakom slučaju mora se računati s nekom količinom kalijskih glinenaca, koji se nalaze skriveni u osnovi.

Iako stijena po kemijskoj analizi nije kisela i u stijeni nema mnogo fenokristala kremena, modalni sastav otkriva nam gotovo dvadeset i tri postotka slobodne kremične kiseline, koju ne možemo vezati za koji metal. Znači, da je osnova dobrim dijelom sastavljena od kremena. Zbog toga je i mećemo u grupu dacita.

Dacit od Diminića interesantan je zbog toga, što se uz biotit kao najznačajniji feromagnezijski mineral javljaju još tri, i to: rogovača, diopsid i hipersten. Pirokseni predstavljaju najstarije članove ove grupe. Njih ima najmanje, a osim toga hipersten pokazuje i znakove magmatske metamorfoze prijelazom u amfibol i biotit. To je od prikazanih stijena jedina, koja sadržava hipersten! Na osnovu tih činjenica možemo tu stijenu smatrati kao najstariju u nizu efuzija ovog područja. Za to bi govorio i kemizam, jer je dacit od Diminića najbazičniji član istraženih efuziva.

Da je ova stijena najstariji član serije efuziva istraženog područja, govori nam i sastav plagioklasa. Tu nalazimo najbazičnije plagioklase, bazične bitovnite do 80% an, kakvih više ne nalazimo ni u jednoj drugoj istraživanoj stijeni.

Hidrotermalni procesi bili su u doba efuzije ovog dacita još u početku. Zato ova stijena ne pokazuje veći stupanj metamorfoze. Sekundarnih minerala epidota, klorita, kalcita, kaolina ili uopće nema, ili su po količini od sporednog značaja.

Struktura osnove nije »zrnasta«, a to nam također govori o još slaboj aktivnosti vodenih para, no to je i znak površinske efuzije i s tim u vezi naglijeg završetka kristalizacije osnove.

Dakle pojava rompskih i monoklinskih piroksena i najbazičnijih plagioklasa, najbazičniji karakter ovog dacita u srebreničkoj seriji, zatim nedostatak hidrotermalnih procesa, koji su inače zahvatili kiselije dacite, govori, da je dacit od Diminića najstariji efuziv. Pirokseni bi u njemu predstavljali samo sačuvane relikte prijašnje kristalizacijske periode. Nestabilnost hiperstena i s tim u vezi njegova metamorfoza u amfibol i biotit samo je značajni znak nove faze kristalizacije u evoluciji magme.

Dacit od Diminića po svom izgledu, mineralnom i kemijskom sastavu odgovara i jako nalikuje na efuziv od Sikirića, koji je Kišpatić nazvao hiperstenski andezit. Iako stijena od Sikirića pokazuje normativnih 14,6% kremena, Kišpatić se odlučio za ime andezit, jer kremen ne dolazi među fenokristalima. Po Rosenbuschovoj klasifikaciji daciti naime moraju imati kremen među fenokristalima. Prema onom, što je u uvodu rečeno, dacit od Diminića odgovara također i »crnom trahitu« iz Crvenog potoka (po Walteru).

2. *Biotitski dacit iz Jamno-potoka*

U Jamno-potoku nalazi se oveća masa efuziva. Forma ove mase nije se mogla utvrditi zbog šume. Ali na osnovu mikroskopskih istraživanja vjerojatno se tu radi o ovećoj subvulkanskoj efuziji, koja se probila vrlo plitko ispod površine. Kasnijom denudacijom odnesen je ne samo pokrov glinenih škriljaca, nego i jedan dio efuziva.

Stijena je tamnosive boje. Ističu se u gustoj masi tamni listići biotita, vrlo često s karakterističnim pseudoheksagonskim habitusom, i bijele mrlje glinenaca.

Pod mikroskopom se vidi tipična porfirna struktura sa sitnozrnastom osnovom i fenokristalima plagioklasa, biotita i posve rastrošenog amfibola. Kremen je vrlo rijedak. Od akcesornih minerala dolaze apatit, a kaolin i kalcit kao produkti metamorfoze.

Plagioklasi dolaze u velikim pločastim idiomorfnim kristalima. Najveći su imali preko 1 mm dužine. Redovni su sraslaci po albitskom, karlovarskom i albitsko-karlovarskom zakonu. Neki imaju slabo izraženu zonarnu strukturu. Pripadaju bazičnim andezinima, odnosno vrlo kiselim labradorima. Mjerenja na Fedorovljevu mikroskopu dala su ovaj rezultat:

Tabela 4

$B_{1/2}$	62	53	49	[001]	49% an	4 OSO	2 V = + 76°
$D_{1/2}$	31	$61\frac{1}{2}$	$80\frac{1}{4}$	⊥ (010)	52% an	4 WSW	
L	$54\frac{1}{2}$	$40\frac{1}{2}$	73	⊥ (001)	50% an	4 OSO	
$B_{1/2}$	$62\frac{1}{2}$	52	50	[001]	48% an	4 SO	2 V = + 85°
$B_{2/3}$	$33\frac{1}{4}$	$57\frac{1}{2}$	84	⊥ (010)	49% an	7 SW	2 V = + $87\frac{1}{2}$°
$B_{1/3}$	$75\frac{1}{2}$	50	$44\frac{1}{4}$	⊥ [001] / (010)	48% an	4 O	
$D_{1/2}$	$33\frac{1}{2}$	$57\frac{1}{2}$	$84\frac{1}{2}$	⊥ (010)	49% an	8 SW	
$B_{1/2}$	31	$61\frac{1}{4}$	$81\frac{1}{2}$	⊥ (010)	52% an	5 SW	2 V = + 78°
$D_{1/2}$	$31\frac{1}{4}$	$61\frac{1}{2}$	81	⊥ (010)	52% an	5 SW	

srednja vrijednost: 50% an

Plagioklasi imaju često u sebi uklopljenu smeđastu tvar, koja se ne da točno odrediti. Čini se, da je to amorfna staklasta tvar osnove. U nekim plagioklasima nalazi se ona uklopljena samo u jezgru, kod drugih teče paralelno sa zonarnom strukturom, ili opet uzduž prslina ili pukotina kalavosti.

Plagioklase je zahvatila kaolinizacija. Stupanj kaolinizacije nije kod svih zrna isti. Najčešće je samo jezgra pretvorena u kaolin, dok je rub ostao svjež. Neki su se plagioklasi posve metamorfozirali. Osim kaolina nalazi se kao produkt metamorfoze i kalcit, koji se nakupio neposredno uz rub glinenaca, ili je nepravilno zrnje kalcita ispunilo manje ili više prostor bivšeg plagioklasa.

Neki su plagioklasi nepravilno raspucani. Kaolinizacija je zahvatila tada plagioklase uzduž prslina, oni su se drobili u sitnije komade, naročito na rubovima i uglovima, dok konačno cijeli mineral nije bio pretvoren u sitnozrnasti mineralni agregat, približujući ga po svom izgledu sitnozrnastoj osnovi.

Biotit dolazi u idiomorfnim kristalima, katkad i do 1,5 mm dužine. Uglavnom je potpuno svjež, te ima svoj karakteristični jaki pleohroizam: tamnosmeđ do svijetložut. Zbog magmatske resorpcije ovijen je redovno tanjim ili debljim opacitskim rubom.

Amfibol, rogovača, rijetko je ostao iole sačuvan. Zahvatila ga je metamorfoza, te je uglavnom prešao u neku glinastu izotropnu tvar, tako da među unakrštenim nikolima ne pokazuje nikakve ili vrlo slabe interferencijske boje. Takvih posve rastrošenih minerala ima mnogo. Da su to bivši amfiboli, odaje ih karakteristični heksagonski presjek, u kojem plohe prizme zatvaraju kut od oko 124°. Ovako rastrošeni amfiboli puni su sitnog zrnja magnetita, a obavijeni su i tanjim opacitskim rubom.

Slične vrlo sitne nakupine nalaze se i u osnovi, pa se može pretpostaviti, da su to također metamorfozirani amfiboli.

Kremen dolazi rijetko, i to u sitnom zrnju.

Apatit se javlja u produženim, štapićastim kristalima, bilo u osnovi, bilo uklopljen u biotitu.

Kalcit je, čini se, uvijek produkt rastrožbe glinenaca.

Osnova je sitnozrnasta, mikrogranitska. Sastoji se od većih izometrijskih kristala glinenca i kremena. S obzirom na kemijski sastav možemo u njoj od glinenaca očekivati vrlo kisele plagioklase i kalijske glinence.

Kemijska analiza dala je ovaj rezultat:

Tabela 5

Analitičar: *M. Tajder*

SiO_2	59,47
TiO_2	0,53
Al_2O_3	16,56
Fe_2O_3	3,12
FeO	2,30
MnO	0,11
MgO	2,36
CaO	5,55
Na_2O	2,86
K_2O	2,95
P_2O_5	0,51
CO_2	1,28
H_2O-	0,32
H_2O+	2,34
	100,36

Nigglijeve vrijednosti:

si	210
al	34,5
fm	28
c	21
alk	16,5
k	0,40
mg	0,45
ti	1,5
p	0,9
qz	46

magmatski tip: leukotonalitski ili opdalitski

Kemijska analiza pokazuje nam sličan sastav, kako ga ima dacit od Diminića, od kojeg se razlikuje tek s nešto manjom količinom magnezija i kalcija i nešto većom količinom alkalija. Ojednaka količina kalijskog i natrijskog oksida i ovdje je vrlo karakteristična. Veća količina ugljične kiseline i vode posljedica je intenzivnije rastrožbe u vezi s djelovanjem hidrotermalnih procesa.

Preračunavši analizu u bazu, normativni i modalni sastav, dobivene su ove vrijednosti:

Tabela 6

»Baza«		Normativni sastav		Modalni sastav	
Q	45,0	Q	16,6	Q	20.6
Kp	10,8	Or	18,0	Or	11.3
Ne	16,0	Ab	26,7	Ab	26,7
Cal	15,0	An	25,0	An	25,0
Cs	0,3	Wo	0,4	Di	0.8
Fs	3,4	Hy	1,6	Bi	10.7
Fa	2,9	En	6,8	Mt	3,4
Fo	5,1	Mt	3,4	Ap	1,2
Cp	1,2	Cp	1,2	Ru	0,3
Ru	0,3	Ru	0,3		100,0
	100,0		100,0		

I ovdje su glinenci rastavljeni u svoje komponente. Spojimo li Ab i An u plagioklas, dobivamo 51,7% plagioklasa s prosječno 48% an. Kako fenokristali sadržavaju oko 50% an, znači, da su u osnovi nešto kiseliji plagioklasi. U osnovi bi bio nadalje gotovo sav Or u formi jednog kalijskog glinenca, sanidina ili anortoklasa. U prvom slučaju bilo bi naravski manje, a u drugom više kalijskog glinenca.

U proračunanom modalnom sastavu javlja se mala količina diopsida, kojega nema stvarno u stijeni. Mogli bismo uzeti, da su kalcij i magnezij ovoga spoja vezani za posve rastrošeni amfibol.

Gotovo sva količina kremena nalazi se skrivena u osnovi. S obzirom na veliki postotak, koji je u modalnom sastavu izražen s 20,6% Q, stijenu smo shvatili kao dacit, iako kremena među fenokristalima ima vrlo malo.

Za razliku od dacita Diminića, dacit iz Jamno-potoka ima sitnozrnastu, mikrogranitsku osnovu. Postanak takve osnove možemo tumačiti duljom periodom kristalizacije u vrijeme efuzije, dakle i sporijim hlađenjem, te zatim sudjelovanjem plinova i para, koji su potpomogli kristalizaciju. Takvi uvjeti mogli su postojati samo u slučaju, kad bi se lava pri efuziji zadržala neposredno ispod same površine. Tu je ohlađivanje trajalo dulje vremena, a istodobno su se u lavi zadržali lako hlapljivi sastojci, jer ih je pokrivač glinenih škriljaca zadržao, da ne odu suviše brzo u atmosferu.

To bi bio i razlog intenzivnije rastrožbe glinenaca, njihov djelimični prijelaz u kaolin i kalcit.

Rastrožba amfibola, koja je gotovo u potpunosti izvršena, odvijala se nesumnjivo u ranijoj i mnogo duljoj periodi, koja je samo završena u zadnjoj efuzivnoj i hidrotermalnoj fazi.

3. *Dacit iz potoka Kiselice*

U potoku Kiselica na izohipsi približno 470 m dolazi tanja žica svježeg tamnosivog efuziva u inače rastrošenoj kaoliniziranoj, sericitiziranoj i silificiranoj masi bivše efuzivne stijene, vjerojatno također dacita. Iz guste sive osnove jako se ističu svojim blistanjem veliki utrusci staklastih glinenaca i listići tamnog biotita.

Pod mikroskopom se vidi holokristalina porfirna struktura. Kao utrusci dolaze krupni idiomorfni plagioklasi, diopsid, zeleni amfibol (rogovača) i smeđi biotit. Vrlo je rijedak kremen i još rjeđi sanidin. Od akcesornih i sekundarnih se minerala pojavljuju: apatit, magnetit, pirit, kalcit i klorit. Osnova je gusta, kriptokristalina, a sastavljena je uglavnom od kremena i glinenaca.

Plagioklasi dolaze u ovećim (najveći plagioklas je velik 2,2 × 1,8 mm) hipidiomorfnim do idiomorfnim kristalima. Uglavnom su svježi. Dolaze u sraslacima po albitskom, karlovarskom i albitsko-karlovarskom zakonu. Neki imaju slabije ili jače izraženu zonarnu građu. Po svom sastavu odgovaraju bazičnim andezinima. Mjerenja su dala ovaj rezultat:

Tabela 7

$B_{1/2}$	77 1/2	56 1/2	36 1/4	⊥ [001] / (010)	42% an	3 ONO
$D_{1/2}$	27 3/4	62 1/2	86 1/4	⊥ (010)	45% an	5 SW
L	27 3/4	62 1/2	86 1/4	⊥ (010)	45% an	5 SW
L_1	60 1/4	31 1/2	82 1/4	⊥ (001)	42% an	5 OSO
L_2	26 1/2	63 1/2	84 3/4	⊥ (010)	44% an	3 SW
$B^1/_2$	78 1/4	46 1/4	46 1/4	⊥ [001] / (010)	50% an	1 O
$B^2/_3$	63	53 1/2	48 1/2	[001]	49% an	3 O
$B_{1/3}$	29	62	81 3/4	⊥ (010)	49% an	4 WSW
$D_{1/2}$	29	63 1/2	81 1/2	⊥ (010)	50% an	3 SW
$B_{1/2}$	66 1/4	46	53	[001]	44% an	3 SO
$B_{1/2}$	77 1/2	58 1/4	35	⊥ [001] / (010)	40% an	3 O
$B_{1/2}$	31 1/2	60 3/4	79 1/2	⊥ (010)	52% an	4 SW
$B_{2/3}$	63 3/4	55	46 3/4	[001]	50% an	1 SO
$B_{1/3}$	77	48 3/4	43 3/4	⊥ [001] / (010)	49% an	3 O
$D^1/_2$	31 1/2	60 1/2	79 1/2	(010)	52% an	4 SW

srednja vrijednost: 47% an

Plagioklase je zahvatilo djelomično trošenje. Ono ide od periferije kristala k centru uzduž prslina i pukotina kalavosti. Na taj je način plagioklas izbrazdan manje ili više žilicama trošnog materijala, dok su ostale partije potpuno sačuvane i svježe. To je znak, da je rastrožba započela tek nakon dovršetka kristalizacije plagioklasa, a ne i u vrijeme same kristalizacije, kako se to inače u ovom području može često konstatirati. Kako su se nešto u kristalu, a nešto na samu njegovu rubu nakupila zrnca kalcita, mogli bismo to trošenje uzeti kao sastavni dio procesa hidrotermalne faze u posljednjem stadiju efuzivne periode i kristalizacije lave.

Pojedini su kristali plagioklasa zahvaćeni u većem opsegu ovom metamorfozom. On se tada sav raspucao, prešavši u sitnozrnasti mineralni agregat kaolina, kalcita i preostalih jezgara glinenca. Na taj način plagioklas bez jasnih kontura prelazi u osnovu, na koju tada i potpuno liči.

Treba istaći, da proces rastrožbe plagioklasa nije sva zrnca zahvatio u istim razmjerima. Neka tako reći nije ni dirnuo, druga zrnca je zahvatio malo, dok je opet neka gotovo posve uništio. Ovu neravnomjernost možemo svesti na djelovanje vode i ugljične kiseline u zadnjim fazama kristalizacije, kada su već pojedini dijelovi stijene bili potpuno čvrsti, te su tako i pojedini plagioklasi bili potpuno zaštićeni od hidrotermalne metamorfoze.

Diopsid je od feromagnezijskih minerala brojno najviše zastupljen. Dolazi u štapićastim idiomorfnim kristalima oko 0,3 mm dužine i 0,1 mm širine. Boje je slabo zelene. Ima karakterističan jaki reljef, žive interferentne boje i veliki kut potamnjenja. Ng : [001] = oko 38°. 2 V = + 59 — 60°. Sraslaci smjerom prvog pinakoida dolaze prilično rijetko. Često je opkoljen sitnim zrnjem karbonatnih minerala, kao posljedice djelovanja hidrotermalnih procesa i rastrožbe.

Amfibol, zelena rogovača, dolazi u idiomorfnim, hipidiomorfnim i nepravilnim produženim kristalima. Jedan od najvećih amfibola ima ove dimenzije: 1,4 × 0,7 mm. Zelene je boje. Jakog pleohroizma u žutozelenim do tamnozelenim bojama. Interferentne boje su mu uglavnom prekrivene vlastitom zelenom bojom. Kut potamnjenja je malen. Ng : : [001] = oko 16°. Na jednom kristalu izmjeren je kut optičkih osi 2V = — 82°. Amfibol je posve svjež, metamorfoze ga nisu dirale.

Biotit je po broju mineralnih zrna rjeđi, ali dolazi u ovećim do 1 mm velikim idiomorfnim kristalima, od kojih su neki svinuti, vjerojatno u vrijeme efuzije. Pokazuje normalni pleohroizam u svijetložutim do tamnosmeđim bojama. Posve je svjež.

Kremena ima malo. Dolazi u ovećim, od magmatske resorpcije zaobljenim zrnima, s dubokim zalivima, u kojima se nalazi osnova. S obzirom na količinu kremenih zrnaca među fenokristalima, on se nalazio u svojoj početnoj fazi kristalizacije, dok je još trajala intratelurna perioda. Nakon efuzije, vjerojatno zbog naglog pada tlaka, kremen je postao nestabilan i zahvaćen djelomičnom magmatskom resorpcijom. Da li je proces resorpcije trajao duže vremena i da li je na taj način bilo otopljeno mnogo zrna kremena, ne bi se moglo točno odrediti. Magmatska resorpcija kremena je ne samo u ovoj stijeni, nego i u ostalim dacitima srebreničkog područja vrlo karakterističan i redovan proces.

Sanidin dolazi vrlo rijetko. Konstatirano je zapravo svega dva zrna sanidina. Od plagioklasa se razlikuje nešto slabijim dvolomom, nejednoličnim potamnjenjem, vrlo malenim kutom optičkih osi (ne baš velikom točnošću je izmjeren 2V = — 10°). Kako se u pojedinim partijama čini kao jednoosan, razlikuje se od kremena s negativnim optičkim karakterom. Zrno sanidina mjerilo je 0,7 × 0,5 mm.

Apatita ima dosta u formi kratkih stupića. Dolazi često uklopljen u biotitu, amfibolu i glinencu.

Pirit je vidljiv i prostim okom. Razasut je po osnovi, a javlja se u formi sitnih heksaedara. Ovakva impregnacija relativno svježe stijene s piritom ne bi bila moguća nakon definitivne konsolidacije lave. Postanak pirita moramo dakle vezati za hidrotermalnu fazu, koja se zbog obilja lako hlapljivih sastojaka, niske temperature i niskog tlaka pojavila u vrijeme efuzije prema površini, dakle još u periodu kristalizacije osnove.

Kalcit (i vjerojatno neki drugi karbonati) javlja se u sitnozrnastim nakupinama u samom plagioklasu i diopsidu, koje je zahvatila metamorfoza, i oko njih. Nalazi se također u sitnozrnastim hrpama, koje su bez ikakva reda rasute po osnovi.

Stvaranje kalcita i ostalih karbonata moramo svesti na djelovanje hidrotermalnih procesa, vode i ugljične kiseline, također u zadnjoj fazi kristalizacije lave, jer je stijena tako reći sva prožeta sitnim zrnjem kalcita.

Klorita ima vrlo malo. Nalazimo ga samo kao konačan produkt metamorfoze nekih feromagnezijskih minerala.

Osnova je kriptokristalasta, mikrofelzitska. Ima nešto smeđih mrlja, koje vrlo slabo reagiraju na polariziranu zraku. Kao da se tu izvršila prekristalizacija staklaste osnove. Inače se prema kemijskoj analizi vidi, da je osnova izgrađena od kiselih plagioklasa, kalijskog glinenca i kremena.

Kemijski sastav ovog dacita i Nigglijeve vrijednosti pokazuje ova tablica.

Tabela 8

Analitičar: *M. Tajder*

SiO_2	60,02		
TiO_2	0,62		
Al_2O_3	17,41	Nigglijeve vrijednosti:	
Fe_2O_3	0,63		
FeO	2,22	si =	207
MnO	0,10	al =	35,5
MgO	3,51	fm =	26,5
CaO	5,45	c =	20,0
Na_2O	2,64	alk =	18,0
K_2O	4,08		
P_2O_5	0,44	k =	0,50
CO_2	1,56	mg =	0,68
S_2	0,42	ti =	1,6
H_2O+	1,23	p =	0,6
H_2O-	0,08	qz =	35
	100,41	magmatski tip:	opdalitski
—O za S_2	0,10		
	100,31		

Količna kremične kiseline jedva da se razlikuje od količine kremične kiseline u dacitima od Diminića i Jamno-potoka. I ostali oksidi su uglavnom podjednaki. Jedina je osjetljivija razlika u količini kalijskog oksida. U dacitu potoka Kiselice ona iznosi 4,08, te je za preko jedan postotak veća od vrijednosti navedenih u prijašnje dvije analize. Kako među fenokristalima dolazi samo jedan kalijski mineral, biotit, i to u relativno malenoj količini (5,5% vol.), vezana je glavna količina kalija za leukokratske minerale skrivene u osnovi, za sanidin, odnosno za anortoklas. Normativna količina ortoklasa iznosi 24,6% i gotovo je sigurno, da se ovom procentu količina sanidina u osnovi znatno približuje.

U idućoj tabeli navedene su vrijednosti za bazu i normativni sastav, već prema spomenutoj proceduri. Modalni sastav nije proračunan, jer bismo trebali proračunati tri minerala; diopsid, amfibol i biotit. Kako dva posljednja imaju prilično kompliciran kemijski sastav, bila bi računica prilično proizvoljna. Da bi se nadomjestio, bar djelomično, ovaj nedostatak, izmjerena su s integratorom dva preparata, a dobivena vrijednost u vol. %, navedena je u idućoj koloni.

Tabela 9

»Baza«		Normativni sastav		Vol. % dobiveni integratorom	
Q	43,8	Q	11,7	Osnova	70,5
Kp	14,8	Or	24,6	plagioklas	16,8
Ne	14,8	Ab	24,6	biotit	5,5
Cal	14,6	An	24,3	diopsid	3,6
Cs	0,3	Wo	0,4	amfibol	3,6
Fs	0,7	En	10,0		
Fa	2,3	Hy	2,5		
Fo	7,5	Mt	0,7		
Cp	0,8	Ap	0,8		
Ru	0,4	Ru	0,4		
	100,0		100,0		

Ako kušamo prodiskutirati normativni sastav u vezi s dobivenim vrijednostima u trećoj koloni, vidjet ćemo, da je i ovdje osnova izgrađena uglavnom od kremena, kiselijih plagioklasa i jednog kalcijskog glinenca. Samo malena količina Or otpala bi za tvorbu biotita, kojeg ima ukupno oko 5,5%, a sva bi ostala količina Or u iznosu od oko 22% bila u sastavu sanidina. Kako bi za konstituciju amfibola potrošili nešto Ab i An, bio bi odnos Ab + An : Or približno 2 : 1. Količina kalijskog glinenca je dakle tolika, da ovaj dacit čini prelazni tip prema pravim delenitima, stijenama monzonitske serije.

Količina slobodne kremične kiseline bila bi nakon tvorbe modalnih feromagnezijskih silikata još povećana, pa se stoga može i ovaj efuziv smatrati kao kiseli, dakle kao dacit. Efuziv iz potoka Kiselice bio bi dacit, koji s obzirom na veću količinu kalijskog glinenca čini prijelaz u delenite.

4. *Biotitski dacit od sela Ažlice*

Iznad sela Ažlice nalazi se manji proboj svijetlog efuziva. Ovu stijenu mještani upotrebljavaju za građevinarske potrebe. Stijena je kompaktna, guste osnove, u kojoj se ističe manja količina tamnih listića biotita i staklaste kalotine glinenaca.

Pod mikroskopom stijena pokazuje tipičnu porfirnu strukturu s fenokristalima plagioklasa i biotita. Osnova je sitnozrnasta, leukokratska,

i u njoj se nalazi po koji oveći kristal kremena i sanidina. Kao sporedni minerali dolaze: apatit i magnetit, zatim kaolin i kalcit, kao produkti trošenja.

Plagioklasi su većim dijelom idiomorfni. Uvijek se pojavljuju kao sraslaci po albitskom, karlovarskom i albitsko-karlovarskom zakonu. Izmjeren je i jedan sraslac po periklinskom zakonu s rompskim presjekom kao sraslačkim šavom. Neki su slabe zonarne građe. Po kemijskom sastavu pripadaju bazičnim andezinima. Jedan dobar dio plagioklasa je potpuno svjež, no ima ih, koje je zahvatila metamorfoza, a neki su opet posvema rastrošeni, pretvoreni u smjesu kaolina i kalcita. Kod jednog dijela plagioklasa rastrožba je napredovala uzduž prslina. Često je kristal plagioklasa rastrošen samo u jezgri, dok je deblji ili tanji rub posve svjež. Kod zonarnih kristala se opet može desiti, da je metamorfozirana samo određena zona. Kako se vidi, rastrožba plagioklasa tekla je neravnomjerno, ali je počela već u prvo doba kristalizacije, kada je bila razorena jezgra, nastavila se u kasnijoj periodi kristalizacije, kada su bile razorene pojedine lupine, a bila je vjerojatno najintenzivnija u zadnjoj fazi, u doba efuzije, kada su bili kaolinizirani pojedini kristali u potpunosti. U tu zadnju fazu rastrožbe plagioklasa ide nesumnjivo i pojava kalcita, koji se u nekim slučajevima nakupio u većim agregatima ispunjavajući unutrašnjost plagioklasa tako, da su kristalografske forme plagioklasa ostale potpuno sačuvane.

Mjerenjem na Fedorovljevu mikroskopu dobivene su ove vrijednosti:

Tabela 10

$B_{1/2}$	61	$62^1/_4$	$42^1/_4$	[001]	55% an	4 SO	
$D_{1/2}$	$35^1/_2$	$56^1/_2$	$79^1/_2$	⊥ (010)	55% an	9 SW	
L	$34^1/_4$	$58^1/_2$	$78^1/_4$	⊥ (010)	55% an	6 WSW	
$B_{1/3}$	$63^1/_2$	55	47	[001]	50% an	2 SO	
$B_{2/3}$	$31^1/_2$	$59^1/_2$	$82^3/_4$	⊥ (010)	50% an	6 SW	
$B_{1/2}$	$76^1/_2$	$49^1/_2$	$43^1/_2$	⊥ [001] / (010)	48% an	4 O	
$D_{1/2}$	$30^1/_4$	61	$82^1/_2$	⊥ (010)	49% an	5 SW	$2V = +89^0$
$B_{1/2}$	$30^1/_2$	$59^1/_2$	$83^1/_2$	[010]	45% an	4 SW	$2V = +80^0$
$D_{1/2}$	$59^1/_2$	$32^1/_2$	$82^1/_2$	RS	44% an	4 SO	
L	$30^1/_2$	60	$82^1/_2$	⊥ (010)	48% an	6 SW	
$B_{1/2}$	65	$47^1/_2$	$53^1/_2$	[001]	44% an	4 SO	$2V = +84^0$
$B_{2/3}$	$29^1/_2$	$60^1/_2$	85	⊥ (010)	44% an	4 SW	$2V = +85^0$
$B_{1/3}$	$79^1/_2$	58	$34^1/_4$	⊥ [001] / (010)	40% an	2 NO	
$D_{1/2}$	30	$61^1/_4$	$85^1/_2$	⊥ (010)	46% an	6 SW	
L	$58^1/_2$	$33^1/_2$	$82^1/_2$	⊥ (001)	43% an	5 SO	

srednja vrijednost: 48% an

Biotit dolazi u ne baš dobro sačuvanim listićima. Čini se, kao da ga je također zahvatila kaolinizacija, jer je često pun neprozirnog muteža, koji ne reagira na polarizirano svijetlo. U preparatu se znaju naći potpuno kaolinizirane mrlje, kojima su katkad sačuvani kristalografski obrisi. Neki od njih po tim obrisima podsjećaju na biotit, iako većina sigurno pripada plagioklasima. U takvim mrljama heksagonskih kontura vidi se kao zaostatak po koji sićušni listić biotita.

Kremen je vrlo rijedak, i dolazi u stvari samo kao koji oveći kristal osnove. Ima posve nepravilne konture.

Sanidin dolazi također u nepravilnim, alotriomorfnim zrnima krupnije kristalizirane osnove. Vrlo je sličan kremenu. U konvergentnom svijetlu pokazuje tako malen kut optičkih osi, da se čini kao jednoosan. No od kremena ga razlikujemo tada po njegovu negativnom optičkom karakteru. Takvih zrna, koja se mogu odrediti, ima dosta malo.

Apatita ima malo. Pojavljuje se u stubićastim idiomorfnim kristalima.

Magnetit se pojavljuje u sitnom zrnju.

Kalcit dolazi u sitnozrnastom agregatu kao produkt trošenja naročito u plagioklasu, rjeđe u osnovi. Nađen je jedan veći idiomorfni kristal nekog minerala pun većeg zrnja kalcita ili drugog karbonata. Ishodne supstancije uopće nema. Po habitusu kristala čini se, da je taj kristal bio amfibol.

U osnovi se nalaze velike mrlje nekih posve rastrošenih fenokristala. Sastoje se od nakupina kaolina, hematita i kalcita. Neke od tih mrlja pripadaju bivšim plagioklasima, no neke vjerojatno potječu od biotita i amfibola. Ova rastrožba je posljedica jakih hidrotermalnih procesa pri niskoj temperaturi i niskog tlaka, koja je nastala nakon efuzije.

Osnova je holokristalina, izrazito sitnozrnasta, mikrogranitska. U pojedinim partijama osnove nalaze se veća alotriomorfna zrnca glinenaca i kremena. Kristali su izometrijski, gotovo kvadratični. Po osnovi je također rašireno smeđe trunje, koje se ne da točno odrediti, no čini se, da je i to smjesa kaolina, kalcita i limonita, nastala rastrožbom nekih minerala.

Mikrogranitska struktura osnove govori nam o duljem periodu kristalizacije nakon efuzije. Razlog tome će biti »subvulkanska efuzija«, dakle efuzija ispod same površine. Pokrivena još pokrovom glinenih škriljaca, lava se ohlađivala polaganije. S druge strane plinovi i pare nisu mogli naglo otići u atmosferu, te su također pomagali kristalizaciju osnove. Osnova je postala krupnozrnastija, ali su istodobno pojedini minerali stradali i prešli u nakupinu kaolina i kalcita (uz kalcit ima vjerojatno i drugih karbonata, koji se s obzirom na sitnoću zrna i međusobnu veliku sličnost ne mogu razlikovati).

Kemijski sastav je ovaj:

Tabela 11

Analitičar: *M. Tajder*

SiO_2	60,93
TiO_2	0,66
Al_2O_3	17,39
Fe_2O_3	1,24
FeO	2,64
MnO	0,07
MgO	1,26
CaO	5,88
Na_2O	2,91
K_2O	3,01
P_2O_5	0,25
CO_2	1,99
H_2O-	0,20
H_2O+	1,86
	100,29

Nigglijeve vrijednosti:

si =	231
al =	39
fm =	19
c =	24
alk =	18
k =	0,41
mg =	0,37
ti =	1,8
p =	0,5
qz =	59

magmatski tip: normalno granodioritski ili leukomonzonitski

Dacit od sela Ažlice se po količini kremične kiseline tek vrlo malo razlikuje od dosad navedenih dacita. Veći postotak alkalija uz ojednak težinski postotak kalija i natrija naročito je značajna činjenica i u ovoj stijeni. Po kemijskom dakle sastavu nije to tipičan dacit, već jedan prelazan tip k alkalijskim stijenama. Manja količina željeza i magnezija prema prije navedenim dacitima posljedica je leukokratskog karaktera dacita od Ažlica. Velik postotak ugljične kiseline i vode ukazuju nam na hidrotermalne procese, koji su se zbivali u stijeni.

Navodimo »bazu«, normativni sastav i proračunani modalni sastav:

Tabela 12

»Baza«		Normativni sastav		Modalni sastav	
Q	47,3	Q	16,9	Q	20,1
Kp	11,2	Or	18,6	Or	13,3
Ne	16,4	Ab	27,3	Ab	27,3
Cal	16,1	An	26,8	An	26,8
Cs	0,6	Wo	0,8	Di	1,6
Fs	1,3	Hy	3,6	Bi	8,5
Fa	3,3	En	3,6	Mt	1,3
Fo	2,7	Mt	1,3	Ap	0.6
Cp	0,6	Cp	0,6	Ru	0,5
Ru	0,5	Ru	0,5		100,0
	100,0		100,0		

U modalnom sastavu preostala je malena količina diopsida. Kalcij i magnezij toga diopsida nesumnjivo je vezan za one rastrošene feromagnezijske minerale, amfibol, a možda i piroksen. Glavna masa Q (kremena) i Or (jednog kalijskog glinenca) nalazi se sakrivena u osnovi, te stoga stijena svakako pripada grupi dacita s tendencijom k prelaznoj monzonitskoj seriji.

Približna količina plagioklasa iznosila bi po tom računu 54% s prosječno 49% an. Prosječna vrijednost mjerenih fenokristala plagioklasa iznosi 48% an.

5. *Amfibolski dacit od Srebrenice*

Na cesti od Bratunca u Srebrenicu, oko jedan i po km pred Srebrenicom, uzet je primjerak svijetlosivog efuziva s većim utruscima bijelog glinenca i velikim štapićima crnog amfibola. Megaskopski se vrlo rijetko može zapaziti sanidin u obliku većih idiomorfnih kristala ružičaste boje i staklaste sjajnosti. Jedan takav kristal mjerio je 1,2 × 0,8 cm.

U mikroskopskom preparatu vidimo gustu kriptokristalastu osnovu s velikim utruscima plagioklasa i amfibola i malo biotita. Vrlo rijetko, i to ne u svakom preparatu, javljaju se veliki kristali sanidina i kremen. Kao akcesorni minerali dolaze: apatit, magnetit, a kao sekundarni: kaolin, kalcit, klorit, epidot i limonit.

Plagioklasi dolaze uglavnom u velikim potpuno idiomorfnim kristalima. Jedan veći plagioklas ima ove dimenzije: 1,8 × 1,4 mm. No neki su dugački i do 4 mm. Redovno su to sraslaci, koji istodobno imaju slabo izraženu zonarnu strukturu. Zbog toga su mjerenja bila veoma otešćana, pa su se mogla izmjeriti svega dva individuuma. Oni su pokazali, da plagioklasi pripadaju bazičnim andezinima:

Tabela 13

$B_{1/2}$	28¼	62½	84¾	⊥ (010)	46% an	5 SW	$2V = +82^0$
$D_{1/2}$	28½	62½	84½	⊥ (010)	46% an	5 SW	$2V = +82\frac{1}{2}^0$
$B_{1/2}$	27½	63	82½	⊥ (010)	48% an	4 SW	$2V = +80^0$
$D_{1/2}$	28	63½	82	⊥ (010)	49% an	4 SW	$2V = +85^0$

srednja vrijednost: 47% an

Naročito je upadljivo, da su plagioklasi jako ispucani i izbrazdani nepravilnim pukotinama i prslinama. U takvim pukotinama, kao i u pukotinama kalavosti, i zonarno paralelno kristalografskim plohama nalazi se uklopljena smeđasta tvar posve nepravilna oblika. Manjeg je loma od plagioklasa. Beckeova linija se pod velikim povećanjem lijepo vidi između te smeđaste tvari i plagioklasa. Negdje se može sigurno konstatirati, da je smeđasta tvar izotropna, jer je među unakrštenim nikolima tamna. To se naročito lijepo vidi, kada su smeđe mrlje većih dimenzija. Manje mrlje smeđaste tvari nisu među unakrštenim nikolima tamne, jer su osvijetljene interferencijom plagioklasa, koji leži ispod ili iznad njih. Po svemu sudeći, smeđasta je tvar staklo, koje je plagioklas u sebe uklopio u vrijeme svoga rastenja i koje se nije dospjelo kristalizirati.

Kako se staklo nalazi u prslinama plagioklasa, morale su pukotine u plagioklasu nastati još u magmatskom stadiju, dakle prije potpune kristalizacije stijene. Vrlo je vjerojatno, da je plagioklas ispucao u vrijeme efuzije, kada su inače veliki kristali morali podnijeti jače pritiske

u dosta viskoznoj lavi, koja je bila u stalnom pokretu. Vjerojatno je na to utjecala i neka nestabilnost plagioklasa, kada su se u toku efuzije mijenjali kemijski i fizikalni uvjeti, pod kojima se vršila kristalizacija.

Plagioklas je katkad tako raspucan, da se čini kao da je potpuno zdrobljen. Većina su manje ili više kaolinizirani.

Amfibol, rogovača, dolazi u velikim lijepo razvijenim, idiomorfnim kristalima. Zelene je boje. Pleohroizam dosta slab: kao trava zelen – smeđezelen. Uklapa apatit i plagioklase, od kojih je dakle mlađi. Pokazuje znakove metamorfoze, pa u njemu nalazimo klorita, kalcita i rjeđe epidota. To su počeci hidrotermalne metamorfoze. Neka zrna amfibola su posve kloritizirana.

Biotit je vrlo rijedak. Ima pleohroizam poput amfibola. U preparatu međutim nalazimo na veće kristale nekih sada potpuno kloritiziranih feromagnezijskih minerala. Po svom se habitusu čini, da su to bili biotiti.

Sanidin se javlja u stijeni prilično rijetko, ali tada u velikim kristalima. Makroskopski se odmah razlikuje od plagioklasa. Dok su plagioklasi bijelomutni i ne baš jasno izražene kalavosti, kao posljedice većeg stupnja kaolinizacije, sanidin je ružičaste boje, staklaste sjajnosti i s jasno izraženom kalavošću. Plagioklasi nemaju uklopaka, a u sanidinu se već prostim okom vide uklopljeni štapići amfibola. Veličina sanidina kreće se od 5 do 12 mm.

Od nekoliko kristala sanidina, koje sam dobio u preparatima, ni jedan nije bio sraslac. Svi su bili kristali samci. Nejednoliko potamni, pa ta osobina i prilično veliki stupanj kaolinizacije znatno otešćavaju mjerenja. Imaju maleni kut optičkih osi: između 10 i 20°. Jedna kalavost im je lijepo izražena, i to vjerojatno smjerom trećeg pinakoida. Sasvim jednoznačan rezultat u tom smislu se nije mogao dobiti, zbog nestašice daljih geometrijskih elemenata.

Sanidin je upravo krcat uklopcima amfibola, plagioklasa, kremena, apatita i kalcita. Značajno je istaći, da su uklopci amfibola veliki kao i prosječni fenokristali. U jednom preparatu uklopljeni amfibol ujedno je i najveći amfibol u preparatu. Prema tome sanidin je sigurno zadnji kristalizacijski član među fenokristalima. Fenokristali plagioklasa i amfibola su u jednom periodu u punom smislu riječi plivali u taljevini sanidina. Potpomognut vjerojatno plinovima i parama, sanidin je kristalizirao vrlo brzo. Da je brzina kristalizacije sanidina bila vrlo velika, svjedoči njegova veličina. On je kristalizirao zadnji, a ipak je narastao najveći.

S obzirom na kemijski sastav moramo zaključiti, da je broj kristalizacijskih centara sanidina bio vrlo ograničen, i da je glavna masa sanidina ostala u osnovi. U toj činjenici vidimo, da je sanidin u vrijeme efuzije bio zapravo u svojoj početnoj fazi kristalizacije.

Naša su zaključivanja o mineralnom sastavu osnove na bazi kemijskih analiza ovim potvrđena. Iako sanidina nema među fenokristalima u nekim ovdje navedenim efuzivima, on se ipak skriva u osnovi, jer kod tih dacita nije još nastao period kristalizacije sanidina.

Kremen je rijedak. Pojavljuje se u većim kristaloidima, od magmatske resorpcije posve zaobljenim. U jedno takvo zrno zadire sitnozrnasta osnova vrlo duboko, da ga je gotovo podijelila na dva dijela.

S obzirom na broj fenokristala kremena možemo također zaključiti, da se on nalazio u svojoj početnoj fazi kristalizacije, jer se glavna masa kremena još skriva u osnovi. Efuzijom se prekida dalja kristalizacija, kremen dolazi pod druge uvjete, od kojih je vjerojatno najznačajniji nagli pad tlaka. Tada kremen postaje nestabilan i pretrpljuje djelomičnu magmatsku resorpciju. Da li su pojedina zrna kremena na ovaj način potpuno iščezla, ne može se više utvrditi.

Kalcit se pojavljuje u sitnom zrnju kao produkt hidrotermalne rastrožbe plagioklasa i amfibola. No u osnovi dolaze i veliki kristaloidi, nepravilnih oblika. Jedan je bio velik 1,8 × 0,6 mm. Takve velike kristale kalcita teško je shvatiti kao produkt metamorfoze. Oni su vrlo vjerojatno primarni kristalizacijski produkti u zadnjem periodu kristalizacje lave, kada je hidrotermalna faza bila najaktivnija. Velika zrna kalcita su po ovom shvaćanju morala nastati u vrijeme, kada osnova nije bila potpuno kristalizirana. Kalcij može potjecati iz tada još preostale taljevine, koja je poslije dala osnovu, dok je ugljična kiselina bila sastavni dio plinova i para, tih činilaca hidrotermalne faze.

Apatita ima dosta u formi manjih idiomorfnih stupićastih kristala.

Magnetit dolazi u nepravilnom zrnju, kao sitan pigment osnove.

Kaolin je značajni produkt trošenja plagioklasa i sanidina, dok je *klorit* produkt metamorfoze amfibola, a, čini se, naročito biotita.

Osnova je kriptokristalina, sastavljena od vrlo sitnog zrnja uglavnom leukokratskih minerala. Po kemijskoj analizi ti bi minerali bili uglavnom kremen i sanidin. Struktura osnove ukazuje na relativno ubrzanu kristalizaciju.

Kemijska analiza ovog dacita pokazuje ovaj sastav:

Tabela 14

Analitičar: *M. Tajder*

		Nigglijeve vrijednosti:
SiO_2	61,49	
TiO_2	0,59	si = 229
Al_2O_3	15,37	al = 33,5
Fe_2O_3	2,23	fm = 28
FeO	2,14	c = 19,5
MnO	0,09	alk = 19
MgO	2,85	
CaO	4,95	k = 0,50
Na_2O	2,59	mg = 0,55
K_2O	3,96	
P_2O_5	0,46	ti = 1,5
H_2O-	0,62	p = 0,6
H_2O+	1,94	qz = 53
CO_2	0,90	
	100,18	magmatski tip: opdalitski

Dacit od Srebrenice ne razlikuje se mnogo po količini kremične kiseline od dosadašnja četiri dacita. Kalija ima međutim mnogo više nego natrija. Posljedica ovog kemizma očituje se u pojavi sanidina među utrušcima, dok je glavna njegova masa još uvijek sakrivena u osnovi. Po tom je sastavu srebrenički dacit izraziti prelazni tip u kalijske stijene, pa mu se kemizam podudara više s kemizmom delenita u monzonitskoj seriji, nego pravih dacita u kalcijskoalkalijskoj seriji stijena.

U idućoj tabli navodimo proračune u baze, normativni sastav i modalni sastav. U modalnom sastavu nalazimo sav volastonit preračunan u odgovarajuću količinu rogovače sastava: An 20,4, Ab 8,8, Ne 5,4, Di 32,5, Ol 29,5, Ru 1,0, Mt 2,4%. Ostala je još neutrošena 4,6% En + Hy, koja se količina nalazi u kloritu, koji je vjerojatno većim dijelom postao od biotita. Ako bismo 4,6% En + Hy preračunali u biotit, dobili bismo 6,1% Bi.

Tabela 15

»Baza«		Normativni sastav:		Modalni sastav	
Q	45,6	Q	16,7	Q	18,1
Kp	14,5	Or	24,3	Or	24,3
Ne	14,6	Ab	24,3	Ab	22,5
Cal	11,5	An	19,2	An	17,2
Cs	1,2	Wo	1,6	Ho	9,9
Fs	2,4	En	8,3	En, Hy	4,6
Fo	6,2	Hy	1,9	Mt	2,2
Fa	2,6	Mt	2,4	Ap	0,9
Cp	0,9	Ap	0,9	Ru	0,3
Ru	0,4	Ru	0,4		100,0
	100,0		100,0		

U proračunanom modalnom sastavu, koji sigurno vrlo približno odgovara stvarnom sastavu, nalazimo 9,9% amfibola, 39,7% plagioklasa s prosječno 43% an (fenokristali su naravski bazičniji s prosjekom od 47% an, znak da su plagioklasi osnove kiseliji), nadalje 24,3% kalijskog glinenca, sanidina, koji se uglavnom nalazi skriven u osnovi, i 18,1% kremena, također uglavnom kao mineral osnove. Omjer plagioklasa prema sanidinu iznosio bi 62 : 38, pa bismo prema tome taj dacit mogli smatrati i za delenit, dakle za stijenu monzonitske serije.

6. *Biotitski dacit od sela Sase*

Ovaj je dacit već detaljno obrađen (lit. 5). Ovdje navodimo najvažnije podatke, da bi petrografska slika područja Srebrenica–Sase bila potpuna.

Stijena je leukokratska, holokristaline porfirne strukture s fenokristalima plagioklasa (u prosjeku s 44% an), biotita i kremena. Kremen dolazi u većim, od magmatske resorpcije zaobljenim zrnima. U malim

količinama dolaze još: apatit, magnetit, cirkon, a kao produkt metamorfoze: epidot, kaolin i kalcit.

Kemijska analiza dala je ovaj rezultat:

Tabela 16

Analitičar: *M. Tajder*

SiO_2	65,11	Nigglijeve vrijednosti:	
TiO_2	0,62		
Al_2O_3	16,73	si =	294
Fe_2O_3	1,20	al =	44,5
FeO	2,65	fm =	18
MnO	0,08	c =	12
MgO	0,47	alk =	25,5
CaO	2,55		
Na_2O	3,30	k =	0,44
K_2O	3,88	mg =	0,18
P_2O_5	0,29	ti =	2,2
H_2O-	0,65	p =	0,5
H_2O+	0,80		
CO_2	1,88	qz =	92
	100,21	magmatski tip: adamelitski	

Na osnovu kemijske analize proračunana je »baza«, normativni sastav i modalni sastav, koje su vrijednosti navedene u tabeli 17. Diskusija i pojedini detalji mogu se vidjeti u citiranoj radnji.

Tabela 17

»Baza«		Normativni sastav		Modalni sastav	
Q	51,2	Q	18,4	Q	23,4
Kp	14,4	Or	24,0	Or	20,1
Ne	18,5	Ab	31,9	Ab	31,9
Cal	6,8	An	12,5	An	12,5
Sp	1,8	Cord	3,3	C	3,5
Hz	3,5	Fe-Cord	6,4	Bi	6,3
Fs	1,3	Hy	1,2	Mt	1,3
Fa	1,5	Mt	1,3	Ap	0,6
Cp	0,6	Cp	0,6	Ru	0,4
Ru	0,4	Ru	0,4		100,0
	100,0		100,0		

Stijena ima dakle 44% plagioklasa, 20,1 kalijskog glinenca, 23,4% kremena, 6,3% biotita i nekoliko postotaka ostalih minerala. Ističe se, da su to, kao i svi navedeni proračuni modalnih sastava dacita, molekularni postoci i samo približne vrijednosti.

S obzirom na količinu kremena ovaj je efuziv pravi dacit, ali s obzirom na količinu kalija i s tim u vezi na količinu sanidina, koji se krije u osnovi, ovaj se dacit približuje delenitima.

7. *Biotitski dacit zapadno od Ažlica*

Na putu od Ažlica prema cesti, koja vodi za Srebrenicu, prostire se veća masa tamnijeg dacita, u kojemu se blistaju listići biotita.

Pod mikroskopom pokazuje stijena lijepu porfirnu strukturu s holokristalinom osnovom i krupnim kristalima labradora i biotita.

Plagioklasi dolaze u lijepim sraslacima, a i sa slabo izraženom zonarnom građom. Većina kristala je potpuno svježa. Neki su nepravilno raspucani. Imaju u sebi sićušne uklopke nekih minerala, a i biotita. Mjerenjem jednog sraslaca dvojka dobiven je ovaj rezultat:

$B_{1/2}$	35¹/₂	60	72³/₄	⊥ (010)	63% an	4 SW	2 V = + 83°
L	52	51¹/₂	61	⊥ (001)	63% an	1 SO	2 V = + 81¹/₂°

Biotit se javlja u idiomorfnim kristalima, karakterističnog smeđastog pleohroizma. Djelomično je pretrpio magmatsku resorpciju, te je okružen debljim opacitskim rubom. Opacit se sastoji od magnetita i nekog tamnog minerala, koji se ne da odrediti. Često se namjesto biotita vidi samo karakterističan heksagon pun magnetitskog zrnja. Interesantno je bilo spomenuti, da ovdje nije zastupan klorit kao produkt metamorfoze biotita.

Rogovača je također zastupana, ali je ima vrlo malo. Na nekoliko se mjesta mogla konstatirati resorpcija rogovače u nakupinu magnetita, dok preostali dijelovi imaju karakterističan pleohroizam i koso potamnjenje.

S obzirom na sastav plagioklasa ovo bi bio bazičniji dacit.

8. *Biotitski dacit od Diminićkog potoka*

Sjeverno od sela Diminići, u Diminićkom potoku, na mjestu gdje put prelazi preko prvog desnog pritoka, uzet je svijetlosivi efuziv, u kojem se jasno razabiraju porfirno izlučeni glinenci i tamni listići biotita.

Pod mikroskopom se vidi porfirna struktura s holokristalinom osnovom, utruscima plagioklasa, biotita i vrlo malo kremena. Kao akcesorni i sekundarni minerali dolaze: apatit, magnetit, kremen, klorit, epidot, kalcit i kaolin.

Plagioklasi se javljaju u idiomorfnim kristalima s polisintetskim sraslačkim lamelama, a negdje i sa slabo izraženom zonarnom građom. Neki su plagioklasi gotovo posve svježi, a neke je zahvatila rastrožba, pa sadržavaju manje ili više sekundarnih minerala, kaolina, kalcita ili epidota. Mjerenjem jednog trojka na univerzalnom mikroskopu dobile su se vrijednosti za kiseli labrador:

$B_{1/2}$	30³/₄	61³/₄	81	⊥ (010)	52% an	5 SW	2 V = + 80°
$B_{2/3}$	63¹/₂	55³/₄	45¹/₂	[001]	52% an	2 SO	2 V = + 76°
$B_{1/3}$	75¹/₄	45³/₄	48¹/₂	⊥ [001] / (010)	53% an	4 O	2 V = + 75°
$D_{1/2}$	30¹/₂	61¹/₂	81¹/₂	⊥ (010)	52% an	5 SW	

Biotit se razvio u idiomorfnim kristalima jakog pleohroizma. Značajan je opacitski rub tamnog zrnja magnetita, koji redovno dolazi oko biotita kao posljedica magmatske resorpcije.

Kremen dolazi rijetko i tada u velikim zaobljenim zrnima.

Osnova je holokristalina.

Metamorfoza je zahvatila glinence i feromagnezijske minerale. Glinenci daju metamorfozom kaolin, i naročito kalcit. Metamorfoziran je i neki feromagnezijski mineral, koji po svojim formama podsjeća na amfibol, ali negdje i na biotit. Možda je amfibol podlegao potpuno metamorfozi, a biotit samo djelomično. Sekundarni minerali nastali metamorfozom biotita ne mogu se uvijek točno odrediti, jer se radi o sitnozrnastom agregatu. Ipak se često mogu utvrditi: kalcit, klorit, epidot i magnetit.

9. *Biotitski dacit od Divljaka*

Istočno od kote 860 na području Divljaka nalazi se efuziv sive boje, tipične porfirne strukture. U holokristalinoj osnovi leže utrusci plagioklasa i biotita, a rijetko kremena. Kao akcesorni minerali dolaze apatit, magnetit i klorit.

Plagioklasi dolaze u sraslacima, katkad sa slabom zonarnom građom. Pripadaju bazičnim andezinima. Mjerenjem jednog dvojka dobiven je ovaj rezultat:

$B_{1/2}$	77	$52^{1}/_{2}$	41	⊥ [001] / (010)	46% an	3 W	$2V = +86^{\circ}$

Plagioklasi su dobrim dijelom rastrošeni, a kao glavni sekundarni mineral nastaje kalcit i kaolin, i nešto manje epidot. Kalcita ima toliko, da stijena polivena kapljom solne kiseline jako šumi. Kalcita ima mnogo i u osnovi.

Biotit, u kojemu se nalazi kao i obično uklopljen plagioklas i apatit, zahvaćen je većim dijelom magmatskom resorpcijom. Proces sve jače magmatske resorpcije može se pratiti tako reći u svim stadijima od momenta, kada biotit obrubljuje samo tanki opacitski rub, i dalje, kada rub opacita postaje sve deblji i deblji zalazeći duboko u unutrašnjost biotita. Konačno ostaje samo smeđasta masa puna magnetita. Biotit prelazi metamorfozom u klorit.

Kremen se javlja vrlo rijetko, i to samo u velikim zaobljenim zrnima. Znak, da je zahvaćen magmatskom resorpcijom.

10. *Biotitski dacit s podnožja Drmnika*

Duboko u Diminić-potoku, na podnožju Drmnika, oko kote 439, nalaze se stijene sive boje, porfirne strukture. Pod mikroskopom se vidi holokristalina, mikrogranitska osnova s porfirno izlučenim kristalima plagioklasa, biotita, uglavnom metamorfoziranog amfibola i nešto kremena.

Plagioklasi su idiomorfni, koje posve svježi, a koje metamorfozirani. Metamorfoze su se vršile najviše uzduž nepravilnih pršlina i pukotina. Kao sekundarni mineral javlja se kalcit, kaolin i epidot. Po svom sastavu pripadaju bazičnim andezinima, kako to pokazuju rezultati mjerenja jednog sraslaca trojka:

$B_{1/2}$	$29^{3}/_{4}$	$60^{1}/_{4}$	$84^{1}/_{2}$	⊥ (010)	48% an	5 SW	$2V = +79^{\circ}$
$B_{1/3}$	64	$51^{1}/_{2}$	$49^{3}/_{4}$	[001]	48% an	3 SO	$2V = +80^{\circ}$
$B_{2/3}$	$75^{3}/_{4}$	51	$42^{1}/_{2}$	⊥ [001] / (010)	48% an	4 O	$2V = +78^{1}/_{2}{}^{\circ}$
$D_{1/2}$	30	$60^{1}/_{4}$	$84^{1}/_{2}$	⊥ (010)	48% an	5 SW	
L	$55^{1}/_{4}$	$38^{1}/_{2}$	$77^{3}/_{4}$	⊥ (001)	48% an	5 SO	

Biotit je rijetko idiomorfan. Znatnije je resorbiran s tanjim ili debljim opacitskim rubom. Vrlo često izgleda poput razderane krpe od uklopaka plagioklasa i sekundarnih minerala iznutra, a od magmatske resorpcije izvana.

Amfibol je posve metamorfoziran djelomice u klorit, a djelomice u epidot.

Kremen je vrlo rijedak i dolazi u ovećem zaobljenom zrnju.

11. *Daciti Majdanskog potoka*

U Majdanskom potoku nailazimo na svijetli efuziv s rijetkim listićima biotita. Pod mikroskopom se vidi holokristalina, mikrogranitska struktura s velikim fenokristalima plagioklasa, biotita i jednog posve rastrošenog feromagnezijskog minerala. Akcesorni i sekundarni minerali su: apatit, magnetit, kalcit, kaolin i epidot.

Plagioklasi dolaze u pločastim idiomorfnim kristalima. Većinom su sraslaci, a neki su i slabe zonarne strukture. Svježiji plagioklasi pripadaju bazičnim andezinima. Mjerenjem jednog sraslaca trojka teodolitnom metodom dobiven je ovaj rezultat:

$B_{1/3}$	$62^{1}/_{2}$	55	$48^{1}/_{4}$	[001]	50% an	4 SO	$2V = +84^{\circ}$
$B_{2/3}$	$32^{3}/_{4}$	$58^{3}/_{4}$	80	⊥ (010)	50% an	7 SW	$2V = +82^{\circ}$
$B_{1/2}$	$76^{1}/_{4}$	51	$42^{1}/_{4}$	⊥ [001] / (010)	48% an	4 O	
$D_{1/2}$	$32^{1}/_{4}$	$58^{1}/_{2}$	$80^{1}/_{2}$	⊥ (010)	50% an	6 SW	

Plagioklase je manje ili više zahvatila metamorfoza, a kao sekundarni minerali dolaze kalcit i kaolin. Ima plagioklasa, od kojih je ostala samo smeđasta mrlja rastrošene tvari.

Biotit je rijedak. Uklapa apatit i plagioklas, pa je i ovdje mlađi član kristalizacijskog reda. Jednim je dijelom obrubljen opacitskim rubom, te je manje više resorbiran, a drugim je dijelom potpuno metamorfoziran u smeđastu masu neopredjeljivog mineralnog agregata. U toj masi nalazi se sitno zrnje magnetita.

Osnova je holokristalina, mikrogranitska, gotvo zrnasta. Sastoji se uglavnom od glinenaca i kremena. Glinenci osnove su svježi, znak da je rastrožba fenokristala plagioklasa bila vezana još za intratelurnu fazu kristalizacije magme, a to se vidi i kod drugih stijena, gdje su kod plagioklasa rastrošena sama jezgra, ili samo neke zone.

U Majdanskom potoku nailazimo na još jedan tip efuziva. Megaskopski ova je stijena izgubila onaj tipični izgled porfirnog kamena. Ona je čvrsta, boje zelenkaste.

Pod mikroskopom se vidi, da je zaista u punom smislu riječi izgubila porfirnu strukturu. Fenokristali su se gotovo posve metamorfozirali, ostavljajući za sobom agregat sekundarnih sitnozrnastih minerala. Plagioklas je iščezao, te se negdje samo naziru konture njegovih kristalografskih ploha. Namjesto njega nalazimo kaolin, zatim sitnozrnasti agregat kalcita i epidota. Isto tako po heksagonalnim konturama vidi se, gdje su nekad bili kristali biotita. On je prešao ili u klorit, koji interferira u modrikastim bojama, ili opet u neki neodređeni agregat, bez izrazitih kontura ili interferencije. Čini se dakle, da je i to glinovita tvar. U biotitima dolaze također karbonatni minerali i magnetit.

U takvoj sitnozrnastoj masi kao nedirnuti otoci plivaju zaobljena zrnca kremena.

Rastrožba je zahvatila i osnovu, koja je sva krcata sitnim zrnjem kalcita. Njega ima toliko, da kamen poliven s malo solne kiseline jako šumi. Sve je ovo posljedica jakih, intenzivnih hidrotermalnih procesa. U ovom stadiju bilo je naročito značajno stvaranje karbonatskih minerala. Treba istaknuti, da pirita nema, iz čega se može zaključiti, da pri hidrotermalnim procesima kao ranija faza nastaje karbonatizacija stijene, nakon koje tek dolazi piritizacija.

Ovakvu metamorfoziranu stijenu možemo smatrati kao propilit, a cijeli proces, koji je uzrokovao metamorfozu, propilitizacija.

12. *Propilitizirani daciti iz Drenovačkog potoka*

U Drenovačkom potoku pojavljuje se zelenkasta stijena bez jasnih strukturnih osobina. Promatrajući je prvi put prostim okom čovjek nije siguran, kakvu vrstu stijene ima pred sobom.

Pod mikroskopom se vidi, da je stijena imala porfirnu strukturu, koja se izgubila procesom metamorfoza, kojom su zahvaćeni minerali, naročito utrusci.

Porfirno izlučeni plagioklasi već su dobrim dijelom metamorfozirani. Protkani su debljim ili tanjim žilama kalcita, a na rubovima su toliko raščihani, da su izgubili sasvim svoje kristalografske konture. Osim kalcita dolazi i kaolinska tvar. Pojedini dijelovi kristala plagioklasa još su sačuvani kao oka i nepravilna zrnca u rastrošenom materijalu, pokazujući svoje tipične sraslačke lamele i čak slabo izraženu zonarnu strukturu.

Biotiti su posve prešli u klorit, od kojeg minerala je stijena primila zelenkastu boju. Osim klorita nalaze se u njemu zrnca epidota, karbonata i magnetita. Inače je biotit na nekim mjestima sačuvao svoja svojstva, pa se vide mrlje, koje još pokazuju karakterističan pleohroizam.

Minerali osnove, feromagnezijski minerali i glinenci također su pretrpjeli metamorfozu u klorit, kaolin i kalcit, dakle su hidrotermalni procesi, koje kod nekih stijena možemo konstatirati u prvim fazama kristalizacije stijene, djelovali ovdje i mnogo kasnije, u fazi stvaranja osnove, a vjerojatno i nakon toga.

Kremen je naravski nedirnut, njega ima malo. Dolazi u formi zaobljenih većih zrna.

Lako možemo zaključiti, kakav je bio primarni mineralni sastav ove metamorfozirane stijene. Po njemu je stijena bila biotitski dacit, najraširenija i tipična efuzivna stijena ovog područja. Takvo zelenkasto kamenje s klorotiziranim i donekle epidotiziranim feromagnezijskim mineralima, zatim s metamorfoziranim glinencima u kaolin i kalcit, nazvano je naročito u starijoj literaturi posebnim imenom »propilit«. Napominjem, da su propilit prije smatrali za posebnu faciju eruptiva.

U našem slučaju se naročito lijepo mogu pratiti svi stadiji hidrotermalne metamorfoze, propilitizacije, dacitskih stijena, pa naravski o nekoj posebnoj faciji eruptiva, odnosno magmatizmu propilita, ne može biti ni govora.

13. *Propilitizirani daciti potoka Kiselice*

U blizini ušća potoka Kiselice u potok Križevicu dolazi gusti zelenkasto sivi efuziv, u kojem se prostim okom razabiraju zrnca kremena.

Pod mikroskopom se vidi, da su porfirno izlučeni plagioklasi nepravilno raspucani, a uzduž tih pukotina puni kalcitske supstancije. Negdje ima i klorita. Katkad se naiđe na plagioklase, koji su većim dijelom ispunjeni kalcitom. Tako glinenaca pomalo nestaje, on se raspada u fragmente, sitnija ili krupnija zrnca. S time nestaju i njegove kristalografske forme.

Od feromagnezijskih minerala nije ostalo ništa. Biotit se posve metamorfozirao i prešao u glinovitu tvar, klorit, kalcit i magnetit. Negdje je čitav kristal biotita prešao u klorit.

Kremena ima dosta. Dolazi u velikim zaobljenim zrnima.

Osnova je gusta i puna kloritske tvari.

Više u potoku na izohipsi približno 530 m dolazi zelenkasta pjegasta stijena, bez jasno izražene strukture. Ističu se u njoj zrnca kremena i heksaedri pirita.

Pod mikroskom se vidi, da su primarni minerali posve metamorfozirani. Oni su prešli u nakupine klorita s modrikastim interferencijskim bojama i u nakupine tankih štapićastih, često radijalno trakastih agre-

gata jednog minerala jačeg loma i dvoloma, slabog pleohroizma i paralelnog potamnjenja. To je epidot. Jedan malo veći kristal imao je poprečno lučenje i jači pleohroizam: svijetlo žutozeleno – plavozeleno.

Kremen se javlja u većim zaobljenim zrncima.

Kao akcesorni minerali dolaze: apatit, cirkon i pirit.

Osnova je svježa, vrlo vjerojatno prekristalizirana.

Treba istaći, da u ovoj stijeni nema kalcita. To bi bila dakle početna faza hidrotermalnih procesa, koja se očituje samo u stvaranju klorita i epidota. Od ovih minerala propilitizirani daciti dobivaju zelenkaste boje.

14. *Propilitizirani daciti Crvene Rijeke*

U Crvenoj Rijeci na izohipsi približno 735 m uzet je primjerak sive stijene s dosta pirita. Pod mikroskopom se vidi porfirna struktura s kriptokristalinom osnovom i utruscima rastrošenih plagioklasa i posve metamorfoziranih feromagnezijskih minerala.

Plagioklasi su donekle sačuvali svoj idiomorfni habitus. Inače su uglavnom rastrošeni, a kao najvažniji sekundarni mineral javlja se kalcit. Plagioklasi pripadaju bazičnim andezinima. Jedan izmjereni sraslac dvojak dao je ovaj rezultat:

$B_{1/2}$	$76^3/_4$	55	$38^1/_2$	$\perp$ [001] / (010)	44% an	3 O	$2V = +84^0$
$D_{1/2}$	32	$59^1/_2$	$82^1/_2$	$\perp$ (010)	49% an	6 SW	

Od primarnih feromagnezijskih minerala nalazimo još tragove amfibola i biotita. Od prvog je katkad ostao sačuvan prerez s tipičnim prizmastim kutom kalavosti, a od biotita ostala je po koja krpica sa svojstvenim jakim pleohroizmom i paralelnim potamnjenjem. Inače su oba potpuno metamorfozirani, koje u klorit, a koje u karbonate. Puni su još i kristala pirita, koji uglavnom ispunjava prostor u granicama kristalografskih kontura bivšeg amfibola ili biotita. Ova veza između metamorfoziranih feromagnezijskih minerala i pirita vrlo je značajna. Vjerojatno je pirit nastao djelovanjem H_2S otopine na željezo tih minerala.

Nešto više u potoku, na izohipsi približno 750 m, uzet je sivkast kamen bez jasne strukture. Prostim se okom vide mnoga zrnca pirita.

Bivši fenokristali plagioklasa su raspucani i metamorfozirani. Metamorfozom se pojedini dijelovi plagioklasa pomalo udaljuju jedan od drugog, stvarajući agregat preostalih zrnaca plagioklasa i sekundarnih minerala, naročito kalcita.

Kloritizirani biotiti se tek jedva naziru.

Kalcit i pirit dolaze u većoj količini. Često vidimo u mikroskopskom preparatu oveće nakupine krupnozrnasta kalcita i pirita. Njihov zajednički postanak u ovom slučaju je nesumnjiv.

U Velikom Guberu dolazi također gusta zelenkasta stijena bez neke određene strukture. Pod mikroskopom se vidi, da je i ta stijena imala porfirnu strukturu, dok sada postoji sitnozrnasti agregat sekundarnih minerala: kalcita, kremena, klorita, gline i po koji listić muskovita.

15. *Propilitizirani dacit sa Suvog Rastika*

Suvi Rastik izgrađen je većim dijelom od gustog zelenkastog propilita, bez naročito izražene strukture.

U preparatu se pod mikroskopom vidi, da je i to posve metamorfozirani efuziv. Plagioklasi i feromagnezijski minerali prešli su u sitnozrnasti agregat kaolina, klorita, epidota i magnetita. U stijeni ima sitnozrnastog kremena. Da li je on primaran ili sekundaran, ostaje neriješeno pitanje.

Metamorfozom uništeni su dakle primarni minerali i primarna struktura. Od klorita i epidota stijena je primila zelenkastu boju.

IV. ATMOSFERSKO TROŠENJE PROPILITIZIRANIH DACITA

Hidrotermalna metamorfoza je u svom zadnjem stadiju djelovala na dacite tako, da je manje ili više uništila primarne pirogene minerale, amfibol, biotit i plagioklas. Ostao je nedirnut samo kremen. Od sekundarnih minerala dolaze: kaolin, kalcit, klorit, epidot, a vrlo često i pirit. Vjerojatno je pirit mogao nastati kemijskim djelovanjem sumporovodične otopine na željezo feromagnezijskih minerala, no takav način postanka pirita nije od većeg značenja.

Sigurno je, da paralelno sa zadnjim stadijima propilitizacije nastaje i mineralizacija širih razmjera. U to doba dolazi do impregnacije propilita piritom, dok u rudnim žicama nastaju tada i kasnije galenit i sfalerit.

Impregnacija propilitiziranih dacita s piritom je vrlo opsežna. Naročito se to može konstatirati u području potoka Kiselice i Crvene Rijeke. U opisanim stijenama pirit se nalazi u znatnoj količini, on je u stijeni nepravilno razbacan i sigurno nije vezan za metamorfozu nekog primarnog pirogenog minerala. Pirit dolazi vrlo često u lijepo razvijenim kristalima, i to uvijek u heksaedrijskom habitusu.

Impregnacija piritom imala je zamašne posljedice u dodiru dacita s atmosferilijama. Pirit kao tipičan nestabilan mineral u oksidacijskoj zoni kamene kore podlegao je djelovanju atmosferilija. Oborine, koje su sa sobom nosile kisik, oksidirale su željezni sulfid u ferosulfat i konačno u ferisulfat. Hidrolizom željezni su se sulfati raspali u željezni hidroksid, limonit i slobodnu sumpornu kiselinu.

Oslobođena sumporna kiselina razarala je minerale propilitiziranih dacita. U prvom redu, nema sumnje, stradao je inače tako obilan kalcit. Njega nikad ne možemo naći u konačnom produktu atmosferilijama razorene stijene. Zatim su razoreni preostaci glinenca, plagioklasa i sanidina. Ostaci feromagnezijskih minerala također su definitivno nestali. Sumporna kiselina djelovala je, nema sumnje, i na kaolin rastvarajući ga u lako topljive alaune i kremičnu kiselinu. Tako su nastali topljivi sulfati željeza, kalcija, aluminija i magnezija, koje je voda preko izvora sve više odnosila, a zaostajao je šupljikavi skelet nerazorivih minerala, uglavnom kremena. Čini se, da je tom prilikom mogao nastati i muskovit, jer je on vrlo česti pratilac tih rastrošenih stijena, iako ga u nedirnutim propilitima nismo mogli konstatirati, barem ne u većoj količini. Osim kremena i muskovita, mogu se naći još i glina, zatim klorit i epidot. To već zavisi od stupnja površinskog razaranja stijene. Na taj način je od kompaktnog i čvrstog propilitiziranog dacita nastala spužvasta, šupljikava kremena stijena, redovno bijele boje. U njoj se katkad mogu naći točni otisci bivših idiomorfnih minerala, naročito biotita i amfibola.

U području Crvene Rijeke i potoka Kiselice nalaze se cijela brda ovako izluženih, silificiranih, bijelih stijena.

Mineralni sastav nije posve isti. Ovdje navodimo na pr. jednu šupljikavu bijelu stijenu iz potoka Kiselice. Ona je sastavljena od kremena i sitnih listića posve bijelog sericita. Prostim okom izgleda kao kaolin. No pod mikroskopom se vide osim zrnaca kremena tipični listići sericita, malo mrlja limonita i ništa drugo.

Kemijska analiza dala je ovaj rezultat:

Tabela 18

Analitičar: *M. Tajder*

SiO_2	75,66	
TiO_2	0,72	
Al_2O_3	14,22	
Fe_2O_3	1,90	
FeO	—	
MnO	—	
MgO	0,25	
CaO	0,10	
Na_2O	0,16	59.1% kremena (kvarca)
K_2O	4,07	36,3% sericita
P_2O_5	—	2,5% limonita
S_2	0,14	
H_2O+	2,63	
H_2O-	0,06	
	99,91	
—O	0,03	
	99,88	

U kemijskoj analizi određivale su sve one komponente, koje dolaze u dacitima ovog masiva. Nakon rastrožbe u oksidacijskoj zoni ostala je

samo kremična kiselina, aluminij i kalij. Zadnja dva metala s odgovarajućom količinom kremične kiseline i vode vezani su za sericit. Račun je dao u gornjoj tabeli navedeni mineralni sastav.

Sericit može također biti ispran, pa zaostaje samo šupljikavi agregat kremena.

Kroz ovakvu jako poroznu masu dosizale su oborine sve dublje i dublje vršeći opsežnu oksidaciju u sve nižim horizontima. Voda bogata otopljenim mineralnim solima i sumpornom kiselinom nakuplja se danas u prostorijama starih rudarskih radova, odakle u formi jačih vrela izbija na površinu. Najpoznatija su vrela Veliki i Mali Guber, zatim dva vrela u potoku Kiselica. Karakteristika je tih vrela jako kiseli i malo gorkasti okus. Taj okus naravski imaju i oba potoka, od kojih je jedan po svom kiselom okusu dobio i ime.

Međutim otopljeni željezni sulfati hidroliziraju se od izvora, pa sve niz potok uz obaranje željeznog hidroksida, limonita, dajući karakterističnu crvenosmeđastu boju koritu obadvaju potoka. Otuda i ime Crvena Rijeka. Na samom izvoru, a i po dnu potoka stvara se deblja vrlo rahla, šupljikava naslaga limonitske sedre pomiješane s lišćem, drvljem i kamenjem.

V. METAMORFOZE GLINENIH ŠKRILJACA

Lave su u ovom području probile kroz paleozojske crne glinovite škriljce. Škriljci se sastoje uglavnom od gline, kremena i kalcita. Pri efuziji pretrpjeli su glineni škriljci neke promjene. Čisto mehanička djelovanja, gužvanje, nabiranje, tvorba brečastog kamenja i ostale promjene mogu se pratiti kroz cijeli masiv. Međutim temperatura lave, plinovi i pare djelovali su na glinene škriljce i uzrokovale u različitim stupnjevima metamorfoze. Kratko ćemo opisati neke od njih:

Na putu Veliki Guber–Bijele Vode, baš na mjestu, gdje donji put hvata gornji, uzet je primjerak filitičnog tamnog škriljca. Jako je izražena škriljava struktura s bijelim i tamnim plohama.

Pod mikroskopom se vidi uglavnom agregat sitnozrnastog kremena, u kojem leže krupna zrna kremena. Ima nadalje partija, u kojima je pomiješana glinovita i ugljevita supstancija, zatim rijetko nakupine tankih iglica epidota i po koji listić muskovita.

Odmah do njega leži zdrobljeni i zgužvani filitični materijal. Pretežna se masa sastoji od kremena, no ima još sačuvana partija glinenih škriljaca.

Pod mikroskopom se vidi, da je ovdje metamorfoza već dalje napredovala. U sitnozrnastom agregatu kremena ima golema masa sitnih iglica epidota. Pojedine partije su naprosto ispunjene epidotom. Ugljikove tvari još ima. Ona se poredala u nizove, tako da je kremeni agregat prevučen tamnim paralelnim prugama.

Na Paljevinama nalazimo već jako metamorfozirani škriljac. Organske tvari u njemu više nema, a kamen je izgrađen od kremena i lijepih epidota. Naročito su lijepi kristali epidota u šupljinicama. Tu dolaze veći kristalići s terminalnim plohama. Ovi epidoti imaju krasan pleohroizam: modar – gotovo bezbojan. Guste nakupine epidota su smeđe boje s pleohroizmom u smeđastim nijansama.

Područje Kvarca izgrađeno je uglavnom od bjeličastog kvarcitičnog materijala. Ovaj se kamen sastoji od krupnozrnastog kremena s tanjušnim žilicama, u kojima se sakupio epidot. Epidota ima uklopljena i u kremenu.

Na Mutnjači dolazi bjeličasti i žućkasti materijal brečastog izgleda. Makroskopski izgleda poput tufova. Međutim se istraživanjem pod mikroskopom može utvrditi, da je to jako metamorfozirani škriljac sastavljen odjelito od partija sitno kristaliziranog kremena i partija sa sićušnim iglicama epidota. Zbog toga izgleda brečast.

Da je ovo metamorfozirani glineni škriljac, zaključujemo i po tome, što se u njemu javljaju još zaostale partije nemetamorfoziranog glinenog škriljca.

Kako se vidi iz cijelog opisa, termometamorfoza imala je za posljedicu manju ili jaču prekristalizaciju kremena i stvaranje epidota iz gline i kalcita.

VI. KEMIZAM I KLASIFIKACIJA SREBRENIČKIH EFUZIVA

Kemijski sastav srebreničkih efuziva prilično se podudara. Kako se radi o seriji efuziva jedne magmatske periode, može se i očekivati, da će biti neke sličnosti u kemizmu tih stijena i da će razlike u količini pojedinih metalnih oksida biti u razmjerima, koje nastaju kao posljedica diferencijacije. Magmatska aktivnost bila je ograničena na uski jedan geološki period, i zato razlike, koje se javljaju, nisu velike ni bitne.

Svakako da je kemijski sastav dacita malo izmijenjen zbog djelovanja hidrotermalnih procesa, koji su neke od tih stijena manje, a druge jače zahvatili. Međutim nema nikakvog znaka, po kojem bismo zaključili, da su hidrotermalni procesi uzrokovali iole bitniju promjenu u količini metalnih oksida, dakle da su znatnije promijenili kemizam stijena. Osim promjene mineralnog sastava, zbog metamorfoze primarnih minerala, daciti su dobili možda nešto veću količinu vode, i svu analitički pronađenu količinu ugljične kiseline. Te dvije komponente vezale su se za baze pirogenih minerala u nove sekundarne minerale, kao što su kaolin, klorit, epidot i kalcit.

Možda je najveći problem kremična kiselina. Ona u srebreničkim dacitima može imati trojako porijeklo. Najvjerojatnije je, da je relativno velika količina slobodne kremične kiseline primarnog karaktera

donesena prema površini odgovarajućom dacitskom lavom. Razlika u kiselosti pojedinih dacita bila bi tada posljedica normalne evolucije magme, koja je u toku frakcijske kristalizacije i kristalizacijske diferencijacije postajala sve kiselija. Za tu pretpostavku govori nam diferencijacijski dijagram (sl. 4), koji pokazuje normalne varijacijske krivulje silicijskog dioksida i ostalih metala.

Druga mogućnost postanka viška slobodne kremične kiseline bila bi pretpostavka o asimilaciji glinenih škriljaca, kroz koje je lava prolazila. Za ovu pretpostavku ne govori ni jedan razlog.

U prvom redu varijacijski dijagram ne pokazuje one nenormalnosti, koje bismo trebali očekivati intenzivnijom asimilacijom. Tok diferencijacijskih krivulja je u granicama obrazloženih manjih divergencija posve normalan.

U drugom redu u stijenama ne nalazimo ni jednog minerala, kojega bismo morali očekivati zbog asimilacije glinenih škriljaca. Specijalno nema onih, koji su tipično aluminijski, kao kordijerit, korund, granat i sl.

Svakako je vrlo važna u tom smislu konstatacija, da gotovo u svim dacitima dolaze velika, magmatskom resorpcijom zaobljena kremena zrnca. Na osnovu toga zaključujemo, da su tu dvije faze: faza kristalizacije i faza magmatske resorpcije. Obje faze nisu se mogle naravski odvijati pod istim uvjetima, pa kako se magmatska resorpcija, nema sumnje, odvijala u vrijeme efuzije, bila je kristalizacija kremena sigurno intratelurna faza. S obzirom na veličinu kremenih zrnaca, ta faza nije nikako mogla biti vrlo kratka. Ako je dakle magma u vrijeme intruzije bila već toliko zasićena slobodnom kremičnom kiselinom, da se kristalizirao kremen među fenokristalima, takva magma nije bila sposobna i za istodobnu asimilaciju stijena bogatih kremičnom kiselinom, odnosno i samim kremenom.

Ako je takva magma bila u vrijeme intruzije prilično zasićena kremičnom kiselinom, ona je bila sigurno i prilično »hladna«, te nije mogla imati onaj višak topline, koji bi joj bio potreban za pretaljivanje glinenih sedimenata.

Da je srebrenička magma bila već kisela u vrijeme intruzije, govore nam i popratne pojave, koje su slijedile efuziju, propilitizacija i mineralizacija cijelog područja s piritom, galenitom, sfaleritom i čitavim nizom drugih minerala. Nakupljanje lako hlapljivih komponenata i sulfidne mineralne supstancije moguće je samo u kasnoj fazi evolucije magme, u magmama »preostalicama«, koje su redovno vrlo kiselog karaktera.

Treća mogućnost postanka viška slobodne kremične kiseline je činjenica, da su stijene bile manje ili više podvrgnute hidrotermalnim procesima, koji su stijenu mogli obogatiti kremičnom kiselinom, direktno dovođenjem kremične kiseline u stijenu, bilo indirektno, odvođenjem metalnih iona iz stijene. Pogledamo li opet u varijacijski dijagram,

vidjet ćemo, da ne možemo ni ovu pretpostavku opravdati. Postojala bi naročito velika razlika u odnosu kremične kiseline prema metalima u stijenama, koje su jako propilitizirane, od onih stijena, koje možemo smatrati za potpuno sačuvane od hidrotermalnih procesa. Međutim sve navedene stijene tako reći linearno mijenjaju svoj kemijski sastav, pa možemo slobodno ustvrditi, da hidrotermalni procesi nisu imali vidljivijega i bitnijeg utjecaja na kemijski sastav srebreničkih dacita.

Najveći postotak kremične kiseline ima dacit od Sasa (65,11%), a svi ostali analizirani daciti imaju između 59,22 — 61,49%. Dakle u pet istraženih stijena razlika je svega 2,27%. Količina metala nije dovoljna, da zasiti svu kremičnu kiselinu, i zato je postotak normativnog kremena u svim dacitima prilično visok. Po CIPW kreće se količina normativnog kremena između 12,9 — 24,6 tež. %, a prema Niggliju normativnog kremena ima između 11,7 — 18,4 mol. %. Preračunavši normativne minerale u modalne, postotak slobodne kremične kiseline, kremena, postaje još veći. Kako u svim dacitima osim u dacitu od Sasa ima kremena među fenokristalima vrlo malo, krije se glavna masa kremena u osnovi. To je i razlog, zašto se i oni efuzivi, koji ne pokazuju uopće kremen među fenokristalima, ipak smatraju kao daciti.

Uostalom i kod malog broja zrna kremena bilo kojeg dacita možemo redovno konstatirati jaku magmatsku resorpciju, i mi nismo sigurni, da neka količina kremenih kristala, a katkad možda i svi, nije potpuno resorbirana od magmatske taljevine.

Razlog magmatskoj resorpciji možemo tražiti samo u nagloj promjeni tlaka u vrijeme efuzije. Promjena kemizma magme nije nikako nastala, jer je ona bila redovno sastavljena od još preostale slobodne kremične kiseline i posve zasićenog kalijskog alumosilikata, t. j. molekule ortoklasa. Interpretacija osnove iz kemijske analize svih dacita to potvrđuje.

Lako hlapljive komponente, koje su u zadnjim fazama kristalizacije srebreničkih dacita imale vidljivu ulogu, nisu imale na proces magmatske resorpcije nikakvog direktnog utjecaja. To vidimo iz činjenice, što su u propilitiziranim stijenama velika zaobljena kremena zrnca ostala potpuno sačuvana, dok su svi ostali minerali metamorfozirani.

Količina magnezija nije velika, zbog toga ovi daciti i imaju izraziti leukokratski karakter. Razlike, koje se javljaju, samo su posljedica diferencijacije u relativno kratkom vremenu, u kojem su dolazile efuzije pojedinih lava. Pad magnezijskog oksida od oko 3% kod bazičnijih vrsta do 0,47% kod najkiselijeg dacita od Sasa je očekivani rezultat kristalizacijske diferencijacije.

Još ljepše, upravo pravolinijske promjene zapažamo kod kalcija. Najbazičniji dacit od Diminića ima 6,65% CaO, i taj postotak postepeno pada do najkiselijeg dacita (Sase), koja ima svega 2,55% kalcijskog oksida.

U kemizmu srebreničkih dacita najznačajnija su svakako alkalija. Procent alkalija je umjereno visok. Međutim značajnija je količina kalija i natrija, koja je redovno povoljnija za kalij, i to kod dacita od Diminića, Jamno-potoka, Ažlice i Sasa tek neznatno, a kod dacita od Srebrenice i potoka Kiselice taj je razmjer mnogo veći, pa kalija ima kojih pedeset težinskih procenata više od natrija.

S obzirom na tu činjenicu Nigglijeva »k« vrijednost je prilično visoka i ne odgovara više »k« vrijednostima normalne kalcijske alkalijske serije stijena, kod kojih se ta vrijednost obično kreće do 0,35. Zbog toga magmatizam srebreničkih stijena ima izrazit prelazan karakter prema kalijskim stijenama. Magmatski tipovi, koji su dobiveni na osnovu Nigglijevih vrijednosti, tipično su prelazni i odgovaraju monzonitskom magmatizmu, dakle onakvim stijenama, koje bi imale ojednaki omjer plagioklasa i kalijskog glinenca. To su opdalitski tip, leukomonzonitski tip i adamelitski tip.

U našim dacitima je tek manji dio kalija vezan za biotit, i glavna njegova količina otpada na kalijske glinence. Slično kao kod kremena, kalijski glinenac je uglavnom sakriven u kriptokristalastoj osnovi, pa tek vrlo rijetko dolazi među fenokristalima, i to tada kao sanidin.

Sanidin u nekim dacitima tek je započeo kristalizaciju. Zrna sanidina su doduše velika, ali nisu brojna. Broj kristalizacijskih centara bio je dakle malen, kako to i odgovara početnom stadiju kristalizacije, ali je brzina kristalizacije bila vrlo velika. Brzina kristalizacije bila je vjerojatno potpomognuta plinovima i parama, koji su u zadnjim fazama kristalizacije lave bili sve aktivniji. Uza sve to glavna masa sanidina skrivena je u kriptokristalinoj osnovi, i ona se vidi tek u proračunanom normativnom i modalnom sastavu.

Kod većine dacita kristalizacijski period sanidina uopće još nije započeo, ali s navedenih razloga moramo računati na veću količinu sanidina, koja je zaostala u osnovi. Zbog velikog postotka sanidina neki se daciti Srebrenice približuju monzonitskoj seriji, dok se drugi dio stvarno već u njoj i nalazi (Srebrenica, Kiselica, Sasi). Ipak smo ostali kod naziva dacit, da ne bismo cijepali ovu genetski, mineralno i kemijski jednu cjelinu. Najispravnije je shvaćanje, da su to daciti s izrazitim prelaznim karakteristikama prema pravim delenitima.

Istraživanjem sve većeg i većeg broja stijena u Jugoslaviji možemo konstatirati, da svi eruptivi nikako ne idu u izrazito kalcijsko alkalijsku petrografsku provinciju, jer osim tipičnih kalcijsko-alkalijskih stijena ima kod nas pravih kalijskih stijena, da samo spomenemo kajanitske stijene Makedonije (Oblast između Bregalnice i Vardara lit. 6, Kurešnička Krasta lit. 7), a naročito stijena prelaznog tipa od kalcijsko-alkalijskih prema kalijskima. U ove posljednje idu latiti, latit-deleniti i deleniti Kožufa lit. 8, daciti (dacit-deleniti) Srebrenice i andeziti Zletova i Kratova (lit. 9).

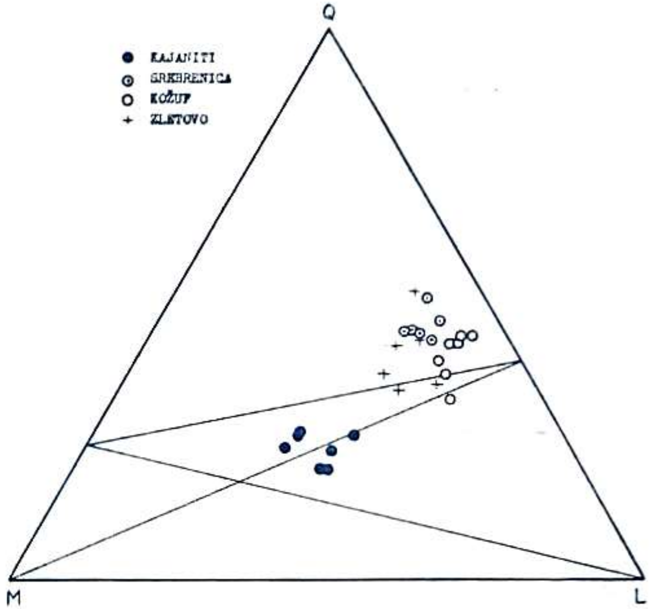
Tab. 19

Niggljeve vrijednosti efuziva Srebrenice, Kožufa, Zletova, Ovčjeg Polja i Kurešničke Kraste

	si	al	fm	c	alk	k	mg	Q	L	M	π	γ
1. Diminići	200	33	30	24	13	0,48	0,48	45,3	39,3	15,4	0,43	0,02
2. Jamno potok	210	34,5	28	21	16,5	0,40	0,45	45,0	41,8	13,2	0,36	0,02
3. Kiselica p.	207	35,5	26,5	20	18	0,50	0,68	43,8	44,2	12,0	0,33	0,03
4. Ažlica	231	39	19	24	18	0,41	0,37	47,3	43,7	9,0	0,37	0,07
5. Srebrenica	229	33,5	28	19,5	19	0,50	0,55	45,6	40,7	13,7	0,28	0,09
6. Sase	294	44,5	18	12	25,5	0,44	0,18	51,2	39,7	9,1	0,17	—
1. Bare	127	25	50	12	13	0,43	0,83	28,6	42,0	29,4	0,30	—
2. Kravički Kamen	180	34	22	18,5	25,5	0,49	0,46	33,1	52,5	14,4	0,14	0,30
3. Tumba	193	36	21	20	23	0,45	0,38	37,3	49,9	12,3	0,22	0,21
4. Bela Voda	203	35	24	19,5	21,5	0,42	0,52	40,1	47,0	12,9	0,24	0,19
5. Blatac	225	38	21	18	23	0,42	0,48	43,0	47,4	9,6	0,25	0,08
6. Momina Čuka	248	40,5	17	15,5	17	0,40	0,49	44,6	48,4	7,0	0,23	0,05
7. Dudica	250	43,5	16	10,5	30	0,37	0,20	43,2	48,8	8,0	0,14	—
8. Momina Čuka	254	42,5	13	15,5	29	0,37	0,28	44,4	50,2	5,4	0,20	0,06
1. Zletovo	146	30	36,5	21	12,5	0,36	0,46	34,8	43,8	21,4	0,41	0,01
2. Zletovo	158	28	31	29	12	0,40	0,59	37,8	39,9	22,3	0,42	0,29
3. Zletovo	159	35	26,5	22,5	16	0,43	0,49	35,8	49,1	15,1	0,37	0,09
4. Kunovo	195	30,5	23,5	31,5	14,5	0,44	0,32	42,9	39,3	17,8	0,35	0,40
5. Zdravči Kamen	204	36,5	26	22	15,5	0,41	0,43	44,8	42,7	12,5	0,39	—
6. Dobrevo	267	36	22	26	16	0,38	0,35	52,8	37,1	10,1	0,38	0,20
1. Vujevska Kosa	110	18	48	19	15	0,59	0,70	20,2	40,0	35,8	0,09	0,19
2. Sveta Petka	112	17	47	20,5	15	0,59	0,71	20,3	38,9	40,8	0,06	0,25
3. Kurel	119	19	44	22,5	14,5	0,65	0,71	23,6	38,9	37,5	0,13	0,26
4. Gradišće	134	21	44	18,5	16,5	0,54	0,69	26,5	40,9	32,6	0,12	0,22
1. Kurešnička K.	118	17,5	49,5	24	9	0,58	0,69	27,2	32,1	40,7	0,31	0,22
2. Kurešnička K.	118	17	51	22	10	0,57	0,73	26,5	32,6	40,9	0,27	0,19
3. Kurešnička K.	144	15	51,5	23	10,5	0,55	0,77	24,5	31,4	44,1	0,18	0,22

Nigglijeve vrijednosti navedenih stijena (Tab. 19) proračunao sam prema originalnim analizama. Kemijske analize andezita iz područja Zletova, koja se još nalaze u rukopisu, prepustio mi je autor L. Marić.

U QLM dijagramu (Sl. 1) vrlo se lijepo vidi odnos pojedinih grupa. Grupa bazičnih stijena, bazalti od Kurešničke Kraste i grupa nezasićenih kajanita, leže odvojeno od ostalih. Kajaniti se nalaze u prostoru feldspatoida. Dalje prema osnovici trokuta QL dolaze zasićena grupa andezita Zletova i konačno dvije prezasićene skupine, jedna dacita od Srebrenice, a druga delenita sa Kožufa. Daciti leže naravski bliže Q



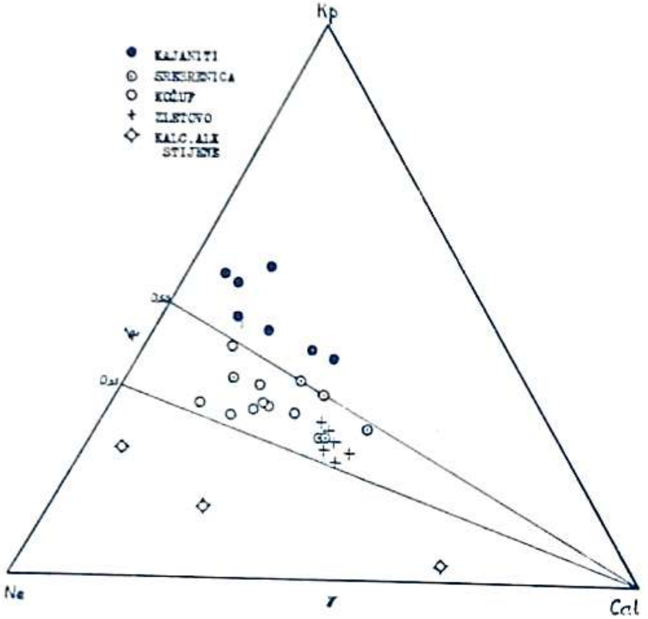
Sl. 1.

polu, a deleniti leže više prema L polu. U delenitima Kožufa prezasićenost nije tako velika, ona je kod latita mnogo manja, dok arsoit Kravičkog Kamena predstavlja čak nezasićenu stijenu, i njegova projekcija leži nešto ispod linije zasićenja.

U bazičnijoj grupi više pretežu feromagnezijski minerali (M), dok su daciti, latiti i deleniti leukokratske stijene. Izrazito kisele stijene predstavlja grupacija Srebrenice, ali ipak projekcije ne prelaze gornju granicu normalnih stijena, na osnovu čega bi se mogao pretpostaviti endomorfni karakter, t. j. asimilacija.

Za studij prelaznog karaktera srebreničkih efuziva i ostalih pomenutih stijena Jugoslavije naročito je instruktivan »k« — »π«, odnosno Ne — Kp — Cal dijagram (Sl. 2). U njemu možemo zapravo čitati odnos pojedinih vrsta glinenaca. »k« je odnos kalija prema ukupnim

alkalijama, a »π« je odnos kalcijskog glinenca prema ukupnoj količini glinenaca. Vrijednosti se kreću od nule do jedan. Projekcije ucrtanih vrijednosti k i π za Srebrenicu, Kožuf i Zletovo leže u prilično uskom sektoru ograničenog s dvije linije, koje polaze od »k« vrijednosti 0,35 i 0,50 i sastaju se u uglu Cal. Iznad tih linija leže tipske kalijske stijene, u našem slučaju leucitski bazalt od Kurešničke Kraste i makedonski kajaniti, a ispod tih linija ležale bi tipične stijene kalcijsko-alkalijske serije. Radi boljeg uvida projicirane su odgovarajuće vrijednosti za bazalt od Čemerikovca (lit. 10) kao predstavnika bazičnih



Sl. 2.

stijena ove serije, nadalje vrijednosti za andezit od Sredog Rida (lit. 11), kao predstavnika normalno zasićenih stijena, i konačno vrijednosti za albitski riolit Požeške gore (lit. 12), kao predstavnika kiselih stijena. Sve tri točke padaju vrlo duboko ispod ograničenog sektora. Efuzivi Srebrenice, Kožufa i Zletova nalaze se između kalijske serije i kalcijsko-alkalijske serije stijena.

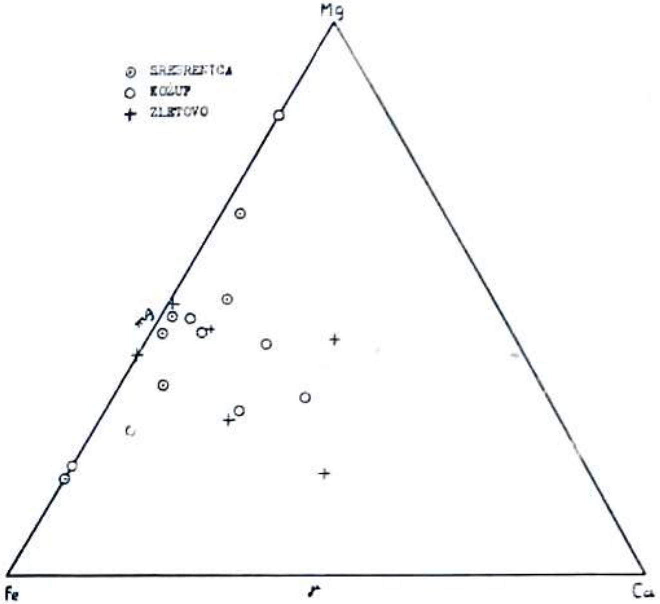
Raspon od osnovice projekcijskog trokuta Ne — Kp prema uglu Cal pokazuje nam odnos kalijskih i natrijskih glinenaca prema kalcijskim.

Dijagram »mg« — »γ«, odnosno Mg (Fo) — Fe (Fa, Fs) — Ca (Cs) manje je značajan (Sl. 3). Rastresitost točaka je kod svih grupa stijena prilično velika, pa se ne mogu činiti na osnovu toga dijagrama neki naročiti zaključci. Takav će dijagram biti od koristi kod proučavanja magmatizma Jugoslavije, kada se bude radilo s većim brojem analiza.

VII. GENEZA SREBRENIČKIH DACITA

Magmatizam Srebrenice vjerojatno ne znači početak eruptivne periode, i navedene tercijarne efuzije dacita zapravo su završna faza jedne dugotrajne eruptivne historije. Za to nam jamči kiseli, gotovo granitski kemijski sastav efuziva.

Možemo pretpostaviti jednu mladu, i pliću intruziju relativno kisele magme, koja se u toku dosta ograničene geološke periode diferencijacijom razvijala u još kiselije tipove. Pojedine faze ove evolucije magme



Sl. 3.

mogu se donekle očitati u kemijskom sastavu pojedinih srebreničkih efuziva, pa donekle i u njihovu mineralnu sastavu.

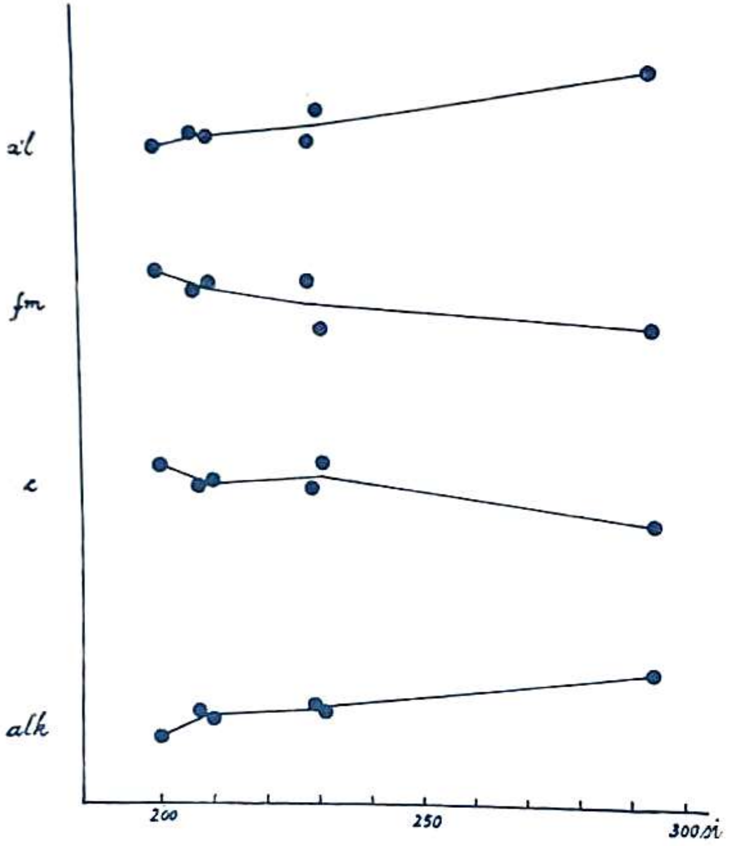
Dacit od Diminića, tamniji efuziv, s najmanje kremične kiseline, s najbazičnijim plagioklasima, i sa svim feromagnezijskim mineralima: biotitom, amfibolom, diopsidom i hiperstenom, prikazuje i u genetskom smislu jednu skrajnost, svakako najstariju stijenu srebreničke serije.

S druge strane dacit od Sasa, izrazito leukokratska stijena, s najviše kremične kiseline, mnogo kremenih kristala među utruscima, najkiselijim plagioklasima, od feromagnezijskih minerala samo s biotitom, predstavlja sigurno najmlađu stijenu ove grupe.

Između oba ta ekstrema smjestili su se ostali efuzivi. U njima prilično neznatno koleba postotak kremične kiseline i bazicitet plagioklasa, pa je njihov redoslijed već nešto teže odrediti. S obzirom na dife-

rencijacijski dijagram (Sl. 4) vjerojatno par Jamno-potok i Kiselica-potok predstavljaju starije, a Ažlica i Srebrenica mlađe članove pomenutog diferencijacijskog niza.

U diferencijacijskom dijagramu ucrtane su u posebnim poljima vrijednosti al, fm, c, alk za svaku odgovarajuću si vrijednost, svake pojedine stijene. Kušamo li spojiti dobivene točke, dobit ćemo krivulju, koja odgovara svim pretpostavkama frakcijske kristalizacijske diferen-



Sl. 4.

cijacije, t. j. uz porast si nastupa i porast vrijednosti za al i alk, a pad vrijednosti fm i c.

Kod para Ažlica i Srebrenica točke za c i al, a naročito za fm dosta su rastresite. Tome je razlog razlika u sastavu feromagnezijskih minerala. Ažlica ima nešto biotita, a Srebrenica prilično amfibola. Obje stijene, iako su sličnog kemijskog sastava, kristalizirale su pod različitim uvjetima tlaka i temperature. Vjerojatno da su između prvotne intruzije i konačne efuzije kao međuetapa bile dvije manje magme u

različitim nivoima litosfere. Amfibol bi bio posljedica kristalizacije magme pri višoj, a biotit pri nižoj temperaturi. Da je tome tako, vidi se i iz njihove strukture, naročito strukturne osnove.

Dacit od Ažlica ima »mikrogranitsku« strukturu, dakle predstavlja po svem dosad rečenom subvulkanski facijes, definitivnu kristalizaciju u višem nivou kamene kore. Plinovi i pare igrali su značajnu ulogu, kako u metamorfozama, tako i u kristalizaciji krupnozrnaste osnove. Nasuprot tome dacit od Srebrenice ima normalnu porfirnu strukturu s kriptokristalinom osnovom. Kristalizacija amfibola odvijala se u dubljim partijama litosfere, a efuzija lave nakon toga bila je relativno brza dosegavši gotovo samu površinu. Na taj način kristalizacija osnove tekla je relativno brzo i bez pomoći plinova i para, koji tada nisu ni uzrokovali kasnije hidrotermalne procese.

Rastresitost točaka uostalom mora postojati, jer srebrenički efuzivi nisu staklaste ili bar sitnozrnaste stijene, koje se znatno približuju kemizmu magmatske taljevine. Veliki utrusci, koji se u magmi obično nakupljaju u pojedinim partijama istisnuvši znatno preostalu taljevinu, znatno su izmijenili kemijski sastav stijene prema kemijskom sastavu magme, iz koje je ta stijena kristalizirala. Zato je i razlika u kemijskom sastavu stijene od idealnog kemijskog sastava magme to veća, što su veći i brojniji utrusci.

Da su srebrenički efuzivi rezultat frakcijske kristalizacijske diferencijacije, svjedoči nam, uza sva navedena odstupanja, sastav osnove. Osnova nam predstavlja zadnji, preostali diferencijat u evoluciji magme. Ona se u srebreničkim efuzivima redovno sastoji od kremena i kalijskog glinenca i nešto kiselijih plagioklasa, dakle je točno onakvog sastava, kakav se na osnovu frakcijske kristalizacijske diferencijacije i mora očekivati.

Toj pretpostavci također govori u prilog i mineralni sastav. Kod najstarijeg člana, dacita od Diminića, javlja se piroksen, rompski i monoklinski, kojih minerala kod najmlađeg člana, dacita od Sasa, uopće i nema. Nema u ovoj posljednjoj stijeni ni amfibola. Nasuprot tome dolazi u toj stijeni među fenokristalima znatna količina kremena i biotit. Sjetimo li se Bowenova niza, vidjet ćemo, da ova činjenica posvema odgovara razvijenoj teoriji. Pirokseni su stariji članovi kristalizacijskog niza silikatnih minerala, dok su kremen i biotit mlađi članovi toga niza.

S obzirom da nema velikih razlika u kemijskom, a ni u mineralnom sastavu srebreničkih efuziva, možemo pretpostaviti i relativno kratki vremenski period njihovih efuzija.

Propilitizacija je sastavni dio diferencijacijskih procesa. Već kisela intruzija morala je za svoje bivše evolucije akumulirati znatnije količine plinova i para, koje su u određeno doba stupili u aktivne kristalizacijske procese. Za to je bila potrebna neka koncentracija para i odgovarajući pad temperature.

Kao propilitizaciju smatramo hidrotermalne metamorfoze primarnih pirogenih minerala: plagioklasa, amfibola i biotita, koji su tim procesima prešli u sekundarne minerale: klorit, epidot, karbonate i kremen. Od prva dva minerala, klorita i epidota, propilitizirani daciti poprimaju zelenkaste boje.

Početak propilitizacije pada još u prvo, intratelurno doba kristalizacije magme. Ove metamorfoze su minimalne kod onih stijena, koje su efuzijom naglo došle na površinu, ili blizu površine, gdje su plinovi i pare vrlo brzo otišli u atmosferu. To vidimo kod Diminića i Srebrenice.

Akumulacija znatnih količina plinova i para zbivala se za cijelog toka kristalizacije i diferencijacije. Aktivnost ovih komponenata bila je veća u kasnijim periodama kristalizacije i postanka ovog niza stijena, jer je u kasnije doba bila ne samo veća akumulacija, nego je tada došlo i potrebno sniženje temperature. Voda, a kasnije i ugljična kiselina, pa još kasnije sulfidne otopine, igrale su sve veću ulogu, kada je temperatura magmatskog tijela pala ispod kritične temperature tih komponenata.

Kad se dakle u toku vremena postignula dovoljna koncentracija vode, i kada je njena temperatura pala ispod kritične temperature, voda je započela aktivno djelovati na već iskristalizirane minerale, ulazi u njihov sastav i metamorfozira ih u minerale s konstitucijskom vodom. Nastala je tada za srebreničke efuzive tipična kloritizacija i epidotizacija minerala. Kaolinizacija plagioklasa je u to doba također znatna. Intenzitet ovog procesa se povećava, što se on vrši pri nižoj temperaturi, i ako je za njega bilo dovoljno raspoloživog vremena. Zato smo i mogli konstatirati različite stupnjeve propilitizacije. Tu je bio svakako odlučan nivo zadržavanja magmi u litosferi. Subvulkanske efuzije su jako zahvaćene hidrotermalnim procesima, a čiste efuzije relativno malo.

U kasnijem vremenskom odsjeku počinje aktivizacija ugljične kiseline. Ona razara naročito plagioklase, ali nije poštedjela ni feromagnezijske minerale. Namjesto njih kristaliziraju agregati kalcita ili drugih karbonata. Temperatura stvaranja karbonata bila je svakako niža od temperature, pri kojoj se vršila kloritizacija i epidotizacija.

Metamorfoza primarnih minerala prvo u klorit i epidot, a kasnije i u karbonate, počela je još u magmatskoj fazi, ali se nastavlja i kasnije. U tom kasnijem periodu naročito je rašireno djelovanje ugljične kiseline.

Velika aktivnost plinova i para u vrijeme zadnje etape kristalizacije imala je osim metamorfoze primarnih minerala još jednu posljedicu. Ta je posljedica u srebreničkoj seriji vrlo vidljiva. One su tim procesima dobile ne samo holokristalinu, nego i sitnozrnastu, »mikrogranitsku« osnovu. Osnovu srebreničkih efuziva ne sastavljaju mikroliti i eventualno staklo, ona je redovno zrnasta, a često i krupnozrnasta. Mi smo u toku naših razmatranja stijene s mikrogranitskom osnovom smatrali za »subvulkanski« facijes efuzija .

Druga etapa hidrotermalnog djelovanja na efuzive je stvaranje pirita; tu etapu ne bismo više uvrstili u procese propilitizacije, nego bismo je mogli nazvati mineralizacijom. Piritizacija u neku ruku također počinje još u magmatskom stadiju. Mi smo vidjeli, da u biotitu mogu doći piriti, a da pirita inače u drugim partijama stijene nema. Ovu činjenicu pokušali smo rastumačiti djelovanjem sumporovodika na željezo biotita. To bi bio samo početak.

Kasnije, u vrijeme stvaranja kalcita, došlo je do znatnijeg impregniranja dacita s piritom. Iza toga dolazi stvaranje značajnih rudnih žica, naročito sfalerita i galenita.

Kao zadnja faza kemijskih metamorfoza u ovom eruptivnom kompleksu javlja se atmosferska oksidacija pirita u piritom impregniranim dacitima i potpuno razaranje ovih efuzivnih stijena u bijele, šupljikave silificirane stijene. O ovom procesu i o hidrotermalnoj metamorfozi glinenih škriljaca bilo je već govora.

(Primljeno u sjednici Odjela za prirodne nauke od 11. III. 53.)

LITERATURA

1. --- Grundzüge der Geologie von Bosnien und Hercegovina. Wien 1880.
   Tietze E., II. Das östliche Bosnien.
   John v. C., IV. Ueber krystalinische Gesteine Bosnien's und der Hercegovina.
2. *Kišpatić M.*, Hiperstenski andezit i dacit iz srebreničke okolice u Bosni. »Rad« Jug. akad. znanosti i umjetnosti, knjiga 159. Zagreb 1904.
3. *Niggli P.*, Ueber Molekularnormen zur Gesteinsberechnung. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen Bd. XVI. Zürich 1936.
4. *Burri-Niggli*, Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens. Hauptteil I. Zürich 1945.
5. *Tajder M.*, Biotitski dacit od Sasa kraj Srebrenice. Geološki vjesnik. Sv. V/VI. Zagreb 1953.
6. *Tomić J. S.*, Litološka serija trahit – kajanita iz oblasti između Bregalnice i Vardara u Juž. Srbiji. Glasnik Srpske kraljevske Akademije. Knj. 137. Beograd 1929.
7. *Tućan F.*, Leucitska stijena Kurešničke Kraste kod Demir Kapije. Glasnik skopskog naučnog društva. Tom IX. Skoplje 1931.
8. *Tajder M.*, Kožuf – Petrografija i petrogeneza vulkanskih stijena Kožufa. Vesnik geološkog instituta kralj. Jugoslavije. Tom VIII. Beograd 1940.
9. *Marić L.*, Efuzivne stijene u rudnoj oblasti između Zletova i Kratova.
10. *Tajder-Poljak*, Bazalt od Čemerikovca kraj Donjeg Pazarišta u Velebitu. Vjesnik Hrvatskog državnog geološkog zavoda i Hrvatskog državnog geološkog muzeja. Sv. I. Zagreb 1942.
11. *Marić L.*, Petrografske bilješke iz okoline Mrežičkog, Alšara i Roždena u Juž. Srbiji. Glasnik skopskog naučnog društva Tom IX. Skoplje 1931.
12. *Tajder M.*, Albitski riolit Požeške gore. Vjesnik Hrvatskog državnog geološkog zavoda i Hrvatskog državnog geološkog muzeja. Sv. II/III. Zagreb 1944.
13. *Walter B.*, Beitrag zur Kenntniss der Erzlagerstatten Bosniens Sarajevo 1887.

PETROGRAPHIE DES ERZGEBIETES BEI SREBRENICA IN BOSNIEN

Das erzführende Gebiet bei Srebrenica befindet sich östlich und nordöstlich von dem Städchen Srebrenica. Es ist schon von alters her als reiches Sphalerit- und ganz besonders als silberführendes Galenitvorkommen bekannt. Bisher bestehen darüber keine petrographischen Angaben. John (Lit. 1) und Kišpatić (Lit. 2) bearbeiten die Effusivgesteine des Gebietes Srebrenica–Ljubovija, das nördlich von Srebrenica gelegen ist, John untersuchte den »Trachyt« (Sanidinoligoklastrachyt) des Dorfes Potočari, Kišpatić eine grössere Anzahl Effusivgesteine und zwar den Hypersthenandesit von Potočari (dem Trachyt von John entsprechend), Sikirići und Crveni potok, sowie die Dazite von Ljubovija, Kneževac, Proti Han und Srebrenica.

Die alten paläozoischen Sedimentgesteine, die dunkelgefärbten Tonschiefer wurden hier an vielen Stellen entweder von Lava in Form von dünneren, bzw. dickeren Adern durchschlagen, oder fand hier die Effusion auf die Oberfläche selbst statt, so dass die Gesteinskörper in diesem Fall die Gestalt von dünneren oder dickeren Decken haben. Die Grundmasse solcher Gesteine ist dicht, kryptokristallin und man kann darin auch etwas Glas feststellen. Diese Gesteine sind in der Regel durch die hydrothermale Metamorphose nicht stark verändert.

Eine andere Gruppe der Gesteine ist dadurch gekennzeichnet, dass ihre Grundmasse feinkörnig, mikrogranitisch ist. Die Einsprenglinge sind grösstenteils durch Einwirkung hydrothermaler Prozesse metamorphosiert; ihre Grundmasse enthält reichlich Kalzit, manchmal auch Pyrit. Hier hat man es mit »subvulkanischen« Effusionen zu tun, die nicht auf die Oberfläche selbst gelangt, sondern unter der Oberfläche erstarrt sind. Mit diesem Gesteinstyp hängt die Mineralisation des Erzgebietes bei Srebrenica zusammen.

1. *Bytownitdazit von dem Dorfe Diminići* stellt ein dunkles, frisches Gestein von porphyrischer Struktur dar. Seine Grundmasse ist dicht, die Einsprenglinge sind klein. Es besteht aus Plagioklas – und Biotiteinsprenglingen; ferner wurde ein wenig Quarz und Hornblende sowie sehr wenig Diopsid und Hypersthen festgestellt. Als akzessorische Mineralien kommen Magnetit, Apatit, Titanit, Kalzit und Chlorit vor.

Plagioklase sind frisch; in einigen Kristallen sind wenig Risse zu beobachten. Meistens hat man es hier mit Bytowniten mit ungefähr 80% an zu tun, aber auch Einsprenglinge von wesentlich niedrigerem Anorthitgehalt (50—56% an) wurden festgestellt. Siehe darüber die Tabelle

1. – *Biotit* ist frisch, wegen der magmatischen Resorption schwach abgerundet. Er besitzt dünnen Opazitrand. – *Hornblende:* Ng : [001] = = 17°. 2V = —85° bis —88°. – *Diopsid* hat die Auslöschung 36 — 38°. – *Hypersthen* ist teilweise metamorphosiert und verwandelt sich in Biotit und Chlorit. – *Quarz* kommt in grösseren unregelmässigen Körnern vor. – *Kalzit* begegnet in feinkörnigen Aggregaten, aber auch in der Grundmasse in Form von grossen Körnern, die schwer durch die Prozesse der Metamorphose zu deuten sind. – *Die Grundmasse* ist dicht, kryptokristallin. Sie besteht aus leukokraten Mineralien, wahrscheinlich aus Quarz und Kalifeldspaten, was die Interpretation der chemischen Analyse bestätigt.

Die chemische Analyse (durch M. Tajder) zeigt ungefähr die gleiche Gewichtsmenge der Alkalien (K_2O und Na_2O). Siehe Tab. 2. Auf Tab. 3 ist die »Basis«, d. h. die normative und modale Zusammensetzung (nach Niggli) angeführt. In der modalen Zusammensetzung sind anstatt des normativen Wollastonites, Hypersthens und Enstatites Hornblende und Biotit berechnet worden. Ich muss betonen, dass die berechnete modale Zusammensetzung einen Gehalt von 9,4% Kalifeldspat und 22.9% Quarz aufweist. Da unter den Einsprenglingen Quarz nur spärlich vorkommt, so folgt daraus, dass Quarz der Hauptmasse nach sowie Sanidin in voller Menge in der Grundmasse verborgen sind.

Dazit von Diminići entspricht seinem Aussehen sowie seiner mineralischen und chemischen Zusammensetzung nach dem Effusivgestein von Sikirići, das von Kišpatić Hypersthendandesit, von Walter schwarzer Trachyt benannt wurde.

2. *Biotitdazit aus dem Bache Jamno* ist dunkelgrau, seine Struktur porphyrisch. Er besteht aus Plagioklas- und Biotiteinsprenglingen und aus vollständig zersetzen Amphibol. Quarz ist sehr selten. Es kommt noch Apatit vor. Als Produkte der Metamorphose wurden Kaolin und Kalzit festgestellt.

Die Plagioklase stellen die basischen Andesine mit durchschnittlich 50% an. Siehe Tab. 4. Einige Körner sind teilweise und andere wieder vollständig kaolinisiert. Mit Kaolin kann man auch Kalzit als Produkt der Metamorphose feststellen. – *Biotit* zeigt gewöhnlich einen dünneren oder dickeren Opazitrand. – *Hornblende* ist selten erhalten geblieben. – *Quarz* kommt in winzigen Körnern vor. – *Die Grundmasse* ist feinkörnig, »mikrogranitisch«, aus grösseren isometrischen Feldspat- und Quarzkristallen bestehend.

Die chemische Analyse, siehe Tab. 5. Auch hier ist die ungefähr gleiche Gewichtsmenge der Alkalien K_2O und Na_2O charakteristisch. Der höhere Gehalt von CO_2 und H_2O ist eine Folge der hydrothermalen Prozesse. Die Basis, die normative Zusammensetzung und die aus ihr berechnete modale Zusammensetzung sind in Tab. 6 gegeben. Neben dem Biotit ist in der modalen Zusammensetzung auch Diopsid angegeben, dessen chemische Bestandteile eigentlich vollständig zersetzten Amphibol darstellen. Fast die ganze Quarzmenge und die ganze Menge Or steckt in der Grundmasse verborgen.

Die mikrogranitische Grundmasse dieses Dazites kann man durch eine längere Kristallisationsperiode während der Effusion deuten. Diese Kristallisation wurde durch die leichtflüchtigen Komponenten unterstützt. Hier bestanden solche Umstände, denn die Lava hielt sich unmittelbar unter der Oberfläche selbst auf. Sie blieb deswegen mit einer dünneren Decke der tonigen Sedimente überdeckt. Diese Decke ermöglichte ein langsameres Abkühlen der Lava, gleichzeitig blieben aber auch die leichtflüchtigen Bestandteile in der Lava erhalten. In dieser Zeitperiode findet auch eine intensivere hydrothermale Metamorphose der Feldspate in Kaolin und Kalzit statt. Die Metamorphose der Hornblende fing zweifelsohne früher an; in der Phase der Effusion war sie definitiv beendet.

3. *Dazit aus dem Bache Kiselica* begegnet als frisches dunkelgraues Effusivgestein in Gestalt einer dünneren Ader in einer sonst zersetzten kaolinisierten, serizitisierten und silifizierten Masse eines ehemaligen Effusivgesteins. Er besitzt holokristalline porphyrische Struktur. Als Einsprenglinge kommen Plagioklase, Diopsid, grüne Hornblende und Biotit vor. Quarz und Sanidin sind sehr selten. Als akzessorische und sekundäre Mineralien wurden Apatit, Magnetit, Pyrit, Kalzit und Chlorit festgestellt.

Die Plagioklase sind basische Andesine mit durchschnittlich 47% an. (Tab. 7.) Die Zersetzung hat nach der Kristallisation der Plagioklase entlang den Rissen und den Spalten in der hydrothermalen Phase angefangen, und neben Kaolin kommt auch Kalzit vor. Einige Plagioklaskörner sind so zerborsten, dass sie ein feinkörniges aus Kaolin, Kalzit und übriggebliebenen Feldspatkörnern bestehendes Mineralaggregat darstellen. – *Diopsid* begegnet in idiomorphen, grünlichen Kristallen. Ng : [001] etwa 38°. 2V = + 59 bis + 60. *Die Hornblende* kommt auch in idiomorphen Kristallen vor, die kräftige grüne Farbe und kräftigen Pleochroismus in grünen Nuancen zeigen. Ng : [001] etwa 16°. 2V = — 82°. Sie ist vollständig frisch und nicht metamorphosiert. – *Biotit* ist seltener; er findet sich in idiomorphen, braun gefärbten Kristallen mit normalem Pleochroismus vor. Einige Blättchen sind ein wenig gebogen. – *Quarz* ist selten. Er kommt in grösseren, durch die magmatische Resorption abgerundeten Körnern vor. In Anbetracht der Quantität der Quarzkörner unter den Einsprenglingen schliesse ich, dass er sich im Anfangstadium der Kristallisation noch während des Andauerns der intratellurischen Periode befand. Nach der Effusion, wahrscheinlich infolge der schnellen Erniedrigung des Druckes, ist der Quarz unstabil geworden und hat eine teilweise magmatische Resorption erlitten. – *Sanidin* kommt sehr selten vor. Sein optischer Achsenwinkel ist klein: 2 V = — 10°. – *Pyrit* kann man auch mit blossem Auge feststellen. Seine winzigen Würfel sind in der Grundmasse zerstreut. Die Impregnation des Dazites mit Pyrit war während der hydrothermalen Phase, aber noch vor der vollständigen Konsolidation des Gesteins möglich. – *Chlorit* stellt das Produkt der Metamorphose des Biotits, *Kalzit* das Produkt der hydrotermalen Metamorphose der Feldspate und des Diopsids dar. – *Die Grundmasse* ist kryptokristallin. Die chemische Analyse ist in Tab. 8 gegeben. Im Vergleich mit den bisher angegebenen Analysen ist die chemische Zusammensetzung dieses Dazites durch den höheren Prozentgehalt des Kaliums charakterisiert.

In der Tab. 9 ist die Basis und die normative Zusammensetzung gegeben. In der dritten Kolonne sind die mittels des Integrationstisches ermittelten Volumprozente enthalten. Aus der normativen Zusammensetzung ist zu entnehmen, dass man auch für diesen Dazit in der Grundmasse grössere Quantität des Quarzes erwarten kann. Auch der Kalifeldspat ist in grösserer Menge als bisher angenommen wurde zu erwarten. In Anbetracht des höheren Kaliumgehaltes, bzw. des hohen Gehaltes an Kalifeldspat stellt der Dazit aus Kiselica einen Übergang zu den Delleniten, den sauren Gesteinen der Monzonitserie dar.

4. *Biotitdazit von dem Dorfe Ažlica* ist sehr hell gefärbt. Das Gestein zeigt typische porphyrische Struktur mit Plagioklas- und Biotiteinsprenglingen. Die akzessorischen Mineralien sind durch Apatit, Magnetit, Kaolin und Kalzit vertreten.

Plagioklase sind grösstenteils idiomorph. Es sind dies basische Andesine mit durchschnittlich 48% an. Siehe Tab. 10. Sie sind meistenteils vollständig frisch. Ein Teil der Plagioklase hat die Metamorphose erlitten und ist in ein aus Kaolin und Kalzit bestehendes Gemenge verwandelt. Einige Kristalle sind nur in ihrem Kern kaolinisiert und die anderen nur entlang einer Zone, während ihr Kern und Aussenrand frisch sind. Die Zersetzung der Feldspate geschah also ungleichmässig; sie hat an einigen Körnern schon im ersten Stadium der Kristallisation angefangen und dann wurde der Kern zerstört. An einigen Körnern wurde sie in der späteren Periode der Kristallisation fortgesetzt, und damals wurden nur einzelne Schalen zerstört. Sie war aber am intensivsten während der Effusion, als einzelne Kristalle durch hydrothermale Processe vollständig kaolinisiert wurden. – *Biotit* hat ebenfalls eine ziemlich starke Zersetzung in eine dichte isotrope Masse erlitten. – *Quarz* und *Sanidin* sind unter den Einsprenglingen sehr selten. *Kalzit* kommt ziemlich reichlich in den Plagioklasen sowie in der Grundmasse vor. Er ist infolge starker hydrothermaler Prozesse entstanden. – *Die Grundmasse* ist holokristallin, ausgesprochen feinkörnig, mikrogranitisch. In einzelnen Partien der Grundmasse befinden sich grössere allotriomorphe Feldspat- und Quarzkörner. Die Kristalle sind isometrisch, fast quadratisch. Solch eine Grundmasse stellt die Folge der subvulkanischen Effusion und der damit verknüpften langsameren Kristallisation dar, die durch Gase und Dämpfe unterstützt wurde. Gleichzeitig fand auch die Zersetzung einiger Einsprenglinge statt.

In Tab. 11 ist die chemische Analyse gegeben. Ihr ist wiederum die charakteristische, ungefähr gleiche Gewichtsmenge der Alkalien (K_2O und Na_2O) zu entnehmen. Die berechnete Basis sowie die normative und modale Zusammensetzung ist in Tab. 12 angegeben. Die höhere aus der Berechnung resultierende Menge des Quarzes und des Or ist in der Grundmasse verborgen. Seinem Kaliumgehalt, bzw. dem be-

rechneten Gehalt des modalen Kalifeldspates nach, stellt auch dieses Gestein einen Übergang zu den Delleniten dar.

5. *Amphiboldazit von Srebrenica* ist ein hellgraues Effusivgestein mit sehr vielen weissen, grossen Feldspateinsprenglingen. Hornblendeeinsprenglinge kommen nicht so reichlich vor. Megaskopisch kann man stellenweise grössere idiomorphe, rosa gefärbte Sanidinkristalle mit ihrem charakteristischen Glasglanz bemerken. Die Ausmasse eines solchen Kristalls betrugen 1,2 × 0,8 cm.

Im Dünnschliff ist die dichte kryptokristalline Grundmasse mit grossen Plagioklas- und Amphiboleinsprenglingen sichtbar. Sanidin und Quarz sind sehr selten. Als akzessorische und sekundäre Mineralien kommen Apatit, Magnetit, Kaolin, Kalzit, Chlorit, Epidot und Limonit vor.

Plagioklase sind idiomorph. Sie gehören den basischen Andesinen mit durchschnittlich 47% an, an. Siehe Tab. 13. Si sind stark zerrissen. In den Rissen und parallel mit ihrer zonarer Struktur sieht man in ihnen eine bräunlich gefärbte Masse mit niedrigem Brechungsvermögen. Diese Masse ist optisch isotrop und wir haben es hier zweifelsohne mit Glas zu tun. Einige Plagioklase sind mit Rissen in so hohem Ausmasse überfüllt, als ob sie zerdrückt wären. Wahrscheinlich fand das Zerdrücken der Plagioklase während der Effusion statt, als die grossen Kristalle in ziemlich viskoser Lava höheren Drucken ausgesetzt waren. Einen gewissen Einfluss konnte in dieser Hinsicht auch die Unstabilität der Plagioklase ausüben, als sich während der Effusion ziemlich schroff die chemischen und besonders die physikalischen Umstände verändert hatten. – *Die Hornblende* kommt in grossen idiomorphen grünen Kristallen vor. Sie hat eine schwächere bis stärkere hydrothermale Metamorphose erlitten und weist Chlorit, Kalzit und seltener Epidot auf. – *Biotit* ist sehr selten. Er ist durch Pleochroismus in grünen Farbtönen (ähnlich dem Amphibol) charakterisiert. – *Sanidin* begegnet selten, dann aber in grossen Kristallen. Als Einschlüsse kommen in ihm oft grosse idiomorphe Amphibole, dann aber auch Plagioklase, Quarz, Apatit und Kalzit vor. Die Spaltbarkeit ist gut, wahrscheinlich dem drititten Pinakoid entsprechend, der optische Achsenwinkel klein (zwischen —10° bis —20°). In Anbetracht der erwähnten Einschlüsse stellt der Sanidin das letzte Glied einer Kristallisationsreihe dar. Dass er grösser ist als die übrigen Einsprenglinge, ist wahrscheinlich durch seine höhere Wachstumsgeschwindigkeit zu deuten. – *Quarz* ist ebenfalls selten. Er kommt in grösseren, durch magmatische Resorption vollständig gerundeten Körnern vor. – *Kalzit* in Gestalt feiner Körner stellt ein Produkt der hydrotermalen Zersetzung dar. Grosse, unregelmässige, in der Grundmasse vorkommende Kalzitkörner sind schon schwieriger als Produkt der Metamorphose zu deuten. – Die aus leukokraten Mineralien bestehende *Grundmasse* ist kryptokristallin.

Die chemische Analyse enthält Tab. 14. Besonders charakteristisch – ähnlich wie im Dazit aus dem Kiselica Bach – ist der höhere Kaligehalt.

In Tab. 15 ist die Basis, die normative und die modale Zusammensetzung gegeben. Fast die ganze Menge des Quarzes und des Kalifeldspats – letzterer nach der Berechnung 24,3% – steckt in der Grundmasse verborgen. Das Verhältnis der Plagioklase zu dem Kalifeldspat wäre 62 : 38. Diesen Dazit könnte man also auch in die Dellenite, d. h. in die Gesteine der Monzonitserie, einreihen.

6. *Biotitdazit von Sase* ist ein vollständig leukokrates Gestein mit holokristalliner, porphyrischer Struktur. Die Einsprenglinge sind durch Plagioklase (durchschnittlich mit 44% an), Biotit und Quarz repräsentiert. Quarz kommt reichlich in Form von grösseren, durch die magmatische Resorption gerundeten Körnern vor. Die akzessorischen Mineralien sind Apatit, Magnetit, Zirkon, Epidot, Kaolin und Kalzit. (Genaueres darüber in einer Sonderpublikation. Lit. 5).

Die chemische Analyse ist in Tab. 16, die Basis, die normative und modale Zusammensetzung in Tab. 17 gegeben. In Anbetracht des Kaligehaltes und der damit im Zusammenhang stehenden Menge des in der Grundmasse verborgenen Kalifeldspats nähert sich dieser Dazit ebenfalls den Delleniten.

Ferner sind der Biotitdazit von Ažlice, Biotitdazit aus dem Dimički potok, von Divljaci, von der Bergsohle des Drmnik, sowie die Dazite aus Majdanski potok beschrieben. Alle diese Gesteine decken sich im allgemeinen – ihrer mineralogischen Zusammensetzung und ihrer Struktur nach – mit den schon beschriebenen Daziten. Derzeit sind die chemischen Analysen dieser Gesteine noch nicht durchgeführt.

Es folgt danach die Beschreibung einzelner propylitisierter Dazite aus Drenovački potok, dem Bache Kiselica, aus Crvena Rijeka und Suvi Rastik. Diese Dazite sind grünlich. Klare strukturelle Eigenschaften besitzen sie nicht. Mit blossem Auge betrachtet, ist nicht zu entnehmen, welcher Gesteinsgruppe sie angehören. Unter dem Mikroskop kann man feststellen, dass sie einst porphyrische Struktur hatten, diese infolge der Metamorphose, die die Einsprenglinge erlitten haben, mehr oder weniger zerstört wurde.

Die einstweiligen Plagioklaseinsprenglinge sind in aus Kaolin, Kalzit und Plagioklasresten, in denen sich noch typische Zwillingslamellen oder Zonarstruktur feststellen lassen, bestehende Ansammlungen zersetzt. Aus Biotiten ist Chlorit, teilweise auch Epidot entstanden. Daneben kommen noch Karbonate und Magnetit vor. Durch die Chlorite und die Epidote kommt die grünliche Farbe der propylitisierten Dazite zustande. Auf ähnliche Weise wurden auch die eventuell vorkommenden Amphibole zersetzt.

Die Mineralien der Grundmasse wurden ähnlich in Chlorit, Epidot, Kaolin und Kalzit metamorphosiert.

Quarz ist in Form grosser abgerundeter Körner natürlich erhalten geblieben.

Die Stärke der Propylitisierung ist in allen Gesteinen nicht gleich. Sie ist in dem Revier von Srebrenica von den ersten Anfängen der hy-

drothermalen Metamorphose, wie dies bei der Beschreibung des Dazites von Diminići erwähnt wurde, über ein stärker ausgeprägtes Stadium in anderen Gesteinen, in denen die Feldspate und Ferro- Magnesium- mineralien nur teilweise metamorphosiert sind, bis in das für die oben beschriebenen propylitisierten Dazite charakteristische Endstadium zu verfolgen.

In einigen Propyliten ist in grösseren Mengen Pyrit enthalten.

Unter Einwirkung von Salzsäure brausen sie heftig auf infolge Zersetzung des Kalzites.

Die Impregnation der propylitisierten Dazite ist in einzelnen Gebieten des Reviers bei Srebrenica sehr umfangreich, besonders in dem Gebiete des Kiselica potok und der Crvena Rijeka. Dadurch kamen aber weitgehende Folgen zustande. Pyrit als typisch unstabiles Mineral in der Oxydationszone der Erdkruste unterlag der Oxydationseinwirkung der Atmosphärilien. Er wurde in Ferro-, und zum Schluss in Ferrisulfat oxydiert, und durch Zerstörung infolge der Hydrolyse sind Limonit und freie Schwefelsäure entstanden. Limonit setzte sich als rötlich gefärbter voluminöser Limonitsinter an der Quelle selbst nieder. Das Gleiche geschah in dem Bachbett, wo der Limonitsinter innig vermischt mit Holz, Blättern und Steinstücken zu sehen ist.

Die freie Schwefelsäure zerstörte die Mineralien der propylitisierten Dazite und die dadurch entstandenen Verbindungen wälzten die Gewässer weiter. Nach alledem ist nur ein poröses Skelett der unzerstörlichen Mineralien, hauptsächlich des Quarzes, zurückgeblieben. Bei dieser Gelegenheit entstand wahrscheinlich Serizit. Er ist nähmlich ein sehr häufiger Begleiter der in der beschriebenen Art verwitterten Gesteine. In den nicht angegriffenen Propyliten konnte ich ihn nicht, oder nur in kleineren Mengen feststellen. Neben den beiden eben erwähnten Mineralien fand ich in solchen weissen, porösen Gesteinen noch Ton, Limonit, Chlorit und Epidot, aber immer nur in kleinen Mengen. Das hängt mit der Stärke der Verwitterung an der Erdoberfläche zusammen.

Die Chemische Analyse solchen Gesteins ist in Tab. 18 gegeben. Serizit wurde als sein Hauptbestandteil röntgenographisch und mikroskopisch konstatiert. Die rechte Kolonne enthält die Resultate der Berechnung der chemischen Analyse.

Das saure unterirdische Wasser sammelt sich heute in den Räumen und Gängen aufgelassener Bergwerke an und gelangt als stärkere saure Quelle an die Oberfläche. Seiner Zusammensetzung wegen (ein kleiner As- Gehalt) fand dieses Wasser früher in hohem Masse, und findet auch heute noch, für Heilzwecke, besonders gegen Blutarmut, Verwendung.

Im Gebiete der Crvena Rijeka und des Baches Kiselica gibt es ganze, aus solcherweise ausgelaugten und silifizierten weissen Gesteinen bestehende Berge. Crvena Rijeka (d. h. Roter Fluss) ist nach der Farbe des

niedergeschlagenen Limonitsinters, der Bach Kiselica (d. h. Säuerling) nach dem sauren, durch die Schwefelsäure verursachten Geschmack benannt.

Metamorphosen von Tonschiefer sind in den Gebieten der intensiveren Effusionen sehr verbreitet. Eine teilweise Metamorphose besteht darin, dass in den Gesteinen noch vollständig erhaltene Partien von dunkel gefärbtem Tonschiefer vorkommen. Metamorphosierte Partien weisen grobkörnige Quarzaggregate und reichlich Epidot auf. Epidote, die in kleinen Hohlräumen der Gesteine sitzen, haben auch Terminalflächen. Ihr Pleochroismus ist stark und zwar blau – fast farblos. Auf dem Berge Kvarac kommt vollständig metamorphosierter Quarzit vor, d. h. weisses Gestein, aus grobkörnigem Quarz mit dünnen Epidotadern bestehend.

Der Chemismus der Effusivgesteine in der Umgebung von Srebrenica ist ähnlich. Das war auch vorauszusetzen, denn hier haben wir es mit den Effusionen ein und derselben geologischen Periode zu tun. Die Unterschiede in der Quantität der einzelnen Metalloxyde sind nicht gross. Sie kommen in Verhältnissen vor, die als Folge der Differentiation zu erwarten waren. Die hydrothermalen Prozesse hatten den Chemismus der Dazite nicht stärker, jedenfalls nicht wesentlich verändert. Der Überschuss an SiO_2 ist eine Folge der Differentiationsprozesse, die während der Intrusion vor sich gegangen sind; er ist aber keinesfalls eine Folge der Assimilation der Tonschiefer oder der hydrothermalen Prozesse. In den Daziten kommen nämlich nicht die Minerale vor, die auf die Assimilation der Tonschiefer hindeuten könnten. Anderseits zeigen die Variationsdiagramme (Fig. 4) normale Variationskurven des Siliziumdioxyds und der übrigen Metalle. Das kann als eine Folge der normalen Evolution des Magmas während der fraktionierten Kristallisation und der Kristallisationsdifferentiation gedeutet werden.

Der hohe Gehalt an Gasen und Dämpfen, die die hydrothermalen Prozesse in grösserem Umfang verursacht hatten, sowie die Mineralisation der Gesteine mit Pyrit, Sphalerit, Galenit und anderen Mineralien, würde ebefalls dafür sprechen, dass wir es hier mit einem seinem Charakter nach saurem Restmagma zu tun haben. Solch saures Magma war ziemlich kalt und verfügte über keinen Überschuss an Wärme, der für das Umschmelzen der Sedimente nötig gewesen wäre. Das Magma befand sich ausserdem schon in der intratellurischen Periode, in dem Kristallisationstadium des Quarzes. Dass es in der effusiven Phase die an der Kieselsäure und am Quarz selbst reichen Sedimente hätte umschmelzen können, ist ausgeschlossen.

Für den Chemismus der Dazite von Srebrenica sind zweifelsohne die Alkalien von grösster Bedeutung. Der mässig hohe Gehalt an Alkalien, dann ungefähr die gleiche Gewichtsmenge K_2O und Na_2O, in zwei Fällen sogar ein wesentlich höherer Gehalt an K_2O im Vergleich mit Na_2O, entfernt diese Gesteine von der normalen Kalk-alkalireihe der Gesteine. Kalium ist nur mit einem kleinerem Teile im Biotit gebunden; seine Hauptmasse ist im Kalifeldspat, Sanidin enthalten. Sanidin kommt

unter den Einsprenglingen sehr selten vor, er ist hauptsächlich in der Grundmasse verborgen. Wegen dieses Gehaltes an Kalium, bzw. an Sanidin, nähern sich die Dazite von Srebrenica den Delleniten der Monzonitserie. Einige Gesteine (Srebrenica, Sase und Kiselica) könnte man eigentlich für richtige Dellenite ansehen.

Solche Übergangstypen zu den Kaligesteinen kommen noch anderorts in Jugoslavien vor. Das sind die Dellenite, und Latit-Dellenite des Kožufmassivs (analysiert durch M. Tajder, Lit. 8) sowie die Andesite und Dazite von Zletovo (L. Marić, Lit. 9). Des Vergleiches halber sind die Niggli'schen Werte für alle erwähnten Gesteine berechnet. In Betracht gezogen sind noch die Kajanite aus Makedonien (Analytiker Roult, Lit. 9, und M. Tajder, Lit. 10) als typische effusive Kaligesteine in Jugoslavien. Die Projektionen in entsprechenden Diagrammen nach Niggli zeigen die gegenseitigen Verhältnisse. Besonders charakteristisch ist das »k« »π« Diagramm. Daraus ist ersichtlich, dass alle drei angeführten Gruppen der Übergangsgesteine im Sektor zwischen 0,35 und 0,50 für den Wert »k« liegen. Unter dieser Grösse befinden sich die typischen Kalkalkaligesteine. Oberhalb dieses Wertes liegen die Kaligesteine, die Kajanite aus Mazedonien.

Genesis. Die Mannigfaltigkeit der Effusivgesteine von Srebrenica ist, wie schon betont, nicht gross. Doch muss festgestellt werden, dass sie eine Folge der fraktionierten Kristallisationsdifferentiation ist. Dazit von Diminići ist das älteste Effusivgestein. Er ist dunkel gefärbt und enthält am wenigsten Kieselsäure. Seine Plagioklase sind am stärksten basisch (die Mehrzahl erreicht bis 80% an). Neben Biotit und Amphibol kommen noch Diopsid und Hypersthen vor. Anderseits stellt der Dazit von Sase das jüngste Effusivgestein dar. Das ist ein typisch leukokrates Gestein mit höchstem Gehalt an Kieselsäure. Unter den Einsprengligen kommt reichlich Quarz vor. Es trägt die sauersten Plagioklase. Von dem Ferromagnesiummineralien begegnet nur Biotit. Zwischen diesen beiden extremen Typen befinden sich alle übrigen Effusivgesteine von Srebrenica. Die Gewichtsprozente der Kieselsäure und die Basizität der Plagioklase zeigen nur geringe Schwankungen. Daher ist es schwierig ihre Aufeinanderfolge festzustellen. Laut Differentiationsdiagramm (Fig. 4) stellt wahrscheinlich das Paar Jamno potok und Kiselica potok die älteren, und Ažlica und Srebrenica die jüngeren Glieder der erwähnten Differentiationsreihe dar.

In dem Differentiationsdiagramm sind in Sonderfeldern die jedem si- Wert entsprechenden al-, fm-, c- und alk- Werte jedes einzelnen Gesteins eingetragen. Die so erhaltenen Kurven entsprechen allen Voraussetzungen der fraktionierten Kristallisationsdifferentiation. Der Zunahme der si- Werte entspricht die Zunahme der al- und alk- Werte, sowie die Abnahme der fm- und c- Werte.

Eine gewisse Zerstreutheit der Punkte ist durch die Akkumulation der zahlreichen und ziemlich grossen Einsprenglinge, besonders im Amphiboldazit von Srebrenica zu deuten.

Da sowohl in der chemischen als auch in der mineralogischen Zusammensetzung der Effusivgesteine von Srebrenica keine grossen Unterschiede bestehen, kann man einen verhältnismässig kurzen Zeitabschnitt ihrer Effusionen voraussetzen.

Die Propilitisierung ist ein Bestandteil der Differentiationsprozesse. Ihr Anfang ist noch in den intratellurischen Zeitabschnitt der Kristallisation des Magmas zu stellen. Sie setzt sich während der Effusion fort. Die hydrothermalen Prozesse sind aber besonders aktiv im Falle der »subvulkanischen« Effusionen; in diesem Fall ging das Abkühlen der Laven langsamer vor sich und die angesammelten Gase und Dämpfe konnten nicht schnell in die Athmosphäre entweichen. Die Aktivität der leicht flüchtigen Komponenten offenbart sich nicht nur durch die Metamorphosen der primären Mineralien, sondern auch durch das Zustandekommen der körnigen, mikrogranitischen Grundmasse.

Die intratellurische Phase ist hauptsächlich durch die Wirkung des Wassers charakterisiert, während in der effusiven Phase auch eine erheblichere Wirkung der Kohlensäure zustandekommt. Alle Dazite, besonders aber die propylitisierten Dazite, enthalten deswegen in kleineren oder grösseren Quantitäten Kalzit und andere Karbonate.

Die Impregnation mit Pyrit findet auch in der effusiven Phase statt; ihr folgt die Bildung bedeutsamer erzführender, besonders Sphalerit- und Galenit führender Adern.

Vladimir Majer

HABAZIT I DESMIN IZ BORA U ISTOČNOJ SRBIJI

U Jugoslaviji se rijetko spominju nalazišta zeolita uopće, a nigdje nije posebno obrađen, koliko mi je poznato, nijedan mineral iz te skupine.

M. Lazarević (lit. 1, pag. 82) u svom radu spominje pojavu zeolita u okolici sela Metovnice kod Zaječara. On kaže, da su zeoliti vrlo česti u čitavom andezitskom masivu u istočnoj Srbiji. Zeoliti kod sela Metovnice javljaju se u amfibolskom andezitu, odnosno dacitu, koji je bio zahvaćen propilitizacijom. Lazarević je mogao konstatirati od zeolita apofilit i njegov varijetet fluorapofilit, zatim analcim, habazit, hojlandit i desmin. S njima u paragenezi nastupaju elementarni bakar, kalcit, kuprit, hrizokola, malahit, opal, kalcedon i vad. Svi ti minerali javljaju se u šupljinama veličine šake u andezitu. Kristali habazita u tom nalazištu veliki su 2 do 3 mm.

U jednom svom drugom radu (lit. 2, pag. 342, 347, 349, 350, 351) spominje isti autor pojave zeolita u samom Boru, i to na Čuka–Dulkanu, jednom od rudnih tijela u Boru. On je konstatirao ovdje tomsonit, hojlandit i apofilit (kromociklit). Genezu zeolita tumači dvojako na osnovu nalaza. Jedni se javljaju u propilitiziranom andezitu, i to ili kao žile 1 cm debele ili uz plohe kalavosti glinenaca, amfibola i biotita. Nastali su kao hidrotermalne tvorevine trošenjem glinenaca. Karakteristično je, da u jako izmijenjenom ili potpuno kaoliniziranom andezitu njih nema. Drugi se javljaju na kontaktu andezita i lapora, nastali kontaktnom metamorfozom. Parageneza zeolita i vrste, koje nastupaju u ovom andezitskom masivu, dobro se slažu s paragenezom zeolita po Cornuu u stijenama granodioritske magme.

S. Urošević (lit. 3, pag. 613) spominje općenito zeolite iz dva nalazišta: kod Džepa u Srbiji u granitporfiru i u Jošaničkoj Banji u Srbiji u amfibolitu.

L. Marić (lit. 4. pag 197) spominje pojavu zeolita u andezitima zletovsko-kratovskog kraja u Makedoniji.

J. Tomić (lit. 5, pag. 131, 133 i 137) navodi, da se u andezitima, najčešće piroksenskim, kao produkti sekundarnih procesa javljaju zeoliti. Određeno spominje samo tomsonit.

F. Tućan (lit. 6, pag. 36 i 94) spominje, da u sijenitima od Lojana dolaze i vlaknati agregati natrolita.

U zbirci Mineraloško-petrografskog muzeja u Zagrebu nalazi se uzorak zeolita iz gabra kod Jablanice u Hercegovini, koji je prema Lj. Bariću (usmeno saopćenje) utvrđen kao habazit. Radi se o zeolitu, za koji spominje F. Tućan (lit. 7, pag. 193) da se javlja u jednoj pukotini u gabru od Jablanice zajedno s titanitom, kremenom prozircem, jednim plagioklasom, prehnitom, kloritom, turmalinom i amfibolom, a smatra, da su nastali lateralnom sekrecijom iz mineralnih sastojaka gabra.

M. Kišpatić (lit. 8, pag. 164 i 166) spominje pojavu zeolita, za koji misli da bi mogao biti natrolit, u rastrošenoj dioritskoj stijeni kod Knina. U jednom drugom radu odredio je M. Kišpatić (lit. 9, pag. 57–62) hojlandit iz pegmatitske žile motajičkog granita.

Toliko sam našao u literaturi o zeolitima u Jugoslaviji.

U ovom radu iznijet ću rezultate svojih istraživanja izvršenih na habazitu i desminu, koji su nađeni u jami rudnika Bor, i to u Čuka-Dulkanu.[1] Oni se javljaju u andezitu u žilama debljine do 1,5 cm. Radi se o biotitsko-amfibolskom andezitu s krupnim utruscima biotita i amfibola i nešto sitnijim plagioklasima. Osnova mu je mrkozelenkasta, neposredno uz žile zeolita često slabo odbojena. U mikroskopskom preparatu se vidi, da je stijena prilično izmijenjena. Osnova je mutna. Od utrusaka plagioklasi su najjače izmijenjeni, nekad više, nekad manje, a kao produkti prijetvorbe razvili su se kalcit, kaolin, zeoliti, sericit i kalcedon. Amfiboli i biotit također su stradali i većinom su kloritizirani, puni zrnaca magnetita i nakupina kalcita.

U nekima od spomenutih zeolitnih žila prevlađuje habazit ili se one čak isključivo sastoje od habazita. Gdje nisu bile potpuno ispunjene, nalaze se na objema stranama slobodnog prostora u njima lijepo razvijeni kristali habazita, kojima veličina varira. Ima ih veoma sitnih pa sve do 8 mm velikih. U drugim žilama prevladava desmin. On se razvio u karakterističnim lepezastim svežnjićima ili u radijalno sferolitskim agregatima. Veoma rijetko nađe se kristalića desmina, koji bi bili zgodni za mjerenja. U žilama, u kojima prevladava desmin, udružen je on uvijek s habazitom, i to tako, da je izrastao povrh habazita. Ovaj posljednji se u tom slučaju nalazi neposredno uz andezit kao tanka okorina. Ovaj red, koji se također mogao utvrditi i u mikroskopskim preparatima, jasno ukazuje na to, da je habazit ranije nastao, a da je desmin mlađi.

[1] Materijal ovdje obrađen sakupio je prof. dr. L. Marić u ljetu 1948. god. pri istraživanjima užeg područja Bora, te mi ga je spremno i ljubazno ustupio na istraživanje, za što mu najljepše zahvaljujem.

U istoj stijeni ima uz zeolitne žile i žila, u kojima se javlja samo kalcit. Kristali kalcita veliki su do 2 cm i mliječnožućkaste boje. Habitusom kristali kalcita jako naliče na habazit, naročito na njegove tipične sraslace s »nosovima« t. j. proraslace. Veoma često površine ploha ukazuju na otapanje.

Geneza tih zeolita može se tumačiti dvojako. Činjenica, da se žile zeolita javljaju u andezitu, kojega su mineralni sastojci djelomično izmijenjeni, govori za njihov sekundarni postanak kao produkata izlučivanja susjedne stijene. U ranije spomenutim mikroskopskim preparatima vidi se, da se zeoliti javljaju i u samoj stijeni, gdje zamjenjuju primarne minerale, u prvom redu plagioklase, kao produkti njihove prijetvorbe. Isto tako moglo bi se, međutim, uzeti, da su zeoliti nastali kao primarni minerali iz posljednjih ostataka toplih magmatskih otopina. Opažanjem na mnogim drugim mjestima moglo se u većini slučajeva utvrditi (lit. 10, pag. 484 i 485), da su zeoliti nastali iz čistih otopina stalne koncentracije i sastava bez bitnih promjena temperature. Za temperaturu postanka označuje se raspon od 150^0—70^0 C. Da su i u našem slučaju otopine, koje su cirkulirale i dale materijal za razvitak zeolita, bile čiste i razmjerno niske temperature, o tome nas uvjerava i to, da je parageneza zeolitnih žila veoma jednostavna i stalna i da nema minerala više termalne faze. Ne pojavljuje se u njima osim habazita, desmina i kalcita nijedan drugi mineral.

I. HABAZIT

Kristali samci habazita iz Bora veoma su rijetki. Po vanjštini gotovo uvijek se u Boru radi o sraslacima onoga izgleda, kakav se spominje svuda u literaturi (na pr. lit. 11, pag. 652; lit. 12, pag. 638; lit. 13, pag. 146). Kod opisivanja vanjštine kristala habazita, kad govorimo o kristalima samcima i sraslacima romboedra, kakve naoko vidimo, mislimo pritome samo na vanjski oblik kristala habazita, koji predstavlja romboedar. U stvari je, kako ćemo kasnije vidjeti, svaki kristal »samac«, odnosno romboedar habazita, prividan, jer se sastoji od više pravilno sraslih individuuma triklinske singonije i svaki je takav »samac« romboedar u stvari sraslac, a forma romboedra lažna. Kristali su često bistri i potpuno prozirni ili su bjeličasto mliječno providni. Mjerenjem na dvokružnom refleksnom goniometru[2] dobiveni su rezultati, iz kojih izlazi, da je gotovo isključiva forma pozitivni osnovni romboedar $(10\bar{1}1)$, a veoma rijetko javljaju se još i plohe negativnih romboedara $(02\bar{2}1)$ i $(01\bar{1}2)$. Sraslaci su prodorni sa sraslačkom osi [0001], pričem nastaje tipična pojava, da na plohi osnovnog romboedra jednog individua vire »nosovi« drugog sraslog individua. Primijećeno je i paralelno srastanje

[2] Mjerenja su izvršena u Mineraloško-petrografskom muzeju u Zagrebu, pri čemu mi je, kao i kasnije pri optičkim radovima, pomogao dr. Lj. Barić. Za pruženu pomoć i savjete izričem ovom prilikom mnogo zahvalnosti.

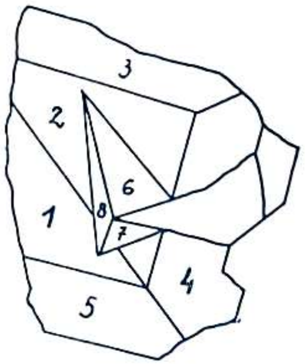
po plohi osnovnog romboedra. Signali pri mjerenjima bili su kod pojedinih opažanja često razvučeni i mnogostruki, tako da ima znatnih odstupanja u rezultatima. Tako na pr. kutovi između ploha osnovnoga romboedra variraju od $83^1/_2{}^0$ do 86^0, sa srednjom vrijednosti od $84^1/_2{}^0$ (iz 20 mjerenja). Srednja je vrijednost za polarnu udaljenost ploha osnovnoga romboedra $51^0\,01'$ (iz 56 mjerenja). Za plohe romboedra $(02\bar{2}1)$ nađena je polarna udaljenost $68^0\,37'$, a za plohe romboedra $(01\bar{1}2)$ $33^0\,11'$.

Plohe osnovnoga romboedra nisu bile nikada idealno ravne, već su često blago savijene. Gotovo uvijek se moglo nadalje opažati, da su plohe podijeljene bar u dva sektora. Svaki sektor isprutan je sistemom paralelnih pruga i nešto, iako sasvim malo, različitog nagiba, što je kao posljedicu dalo često slabe i mnogostruke signale. Bilo je slučajeva, kad se dala opaziti i podjela plohe na tri i četiri sektora, svaki sa svojim zasebnim sistemom prutanja, koji se ne podudara s ostalima. To je, međutim, bilo veoma rijetko. Po pravilu javljaju se samo dva sektora na jednoj plohi. Sektori su kojiput bili pravilni i simetrični s obzirom na liniju, koja ih spaja, no bilo je slučajeva, da su bili sasvim nepravilnog oblika. Linija, koja dijeli ta dva sektora, nekiput je ravna, a nekiput neravna ili nazubljena. Ona raspolavlja tupi kut plohe romboedra, t. j. predstavlja kraću dijagonalu plohe romboedra. Poneki put ona je pomaknuta iz tog položaja bliže jednom šiljastom kutu plohe. Prutanja na ta dva sektora teku uvijek paralelno s ovršnim bridovima plohe, simetrično s obzirom na spojnu liniju sektora. Ova podjela na sektore i različita prutanja na istoj plohi posljedica su pravilnog srastanja više individuuma niže simetrije (triklinske), kako će se to vidjeti kasnije kod optičkih svojstava. Oni su srastanjem dali habitus i forme više simetrije.

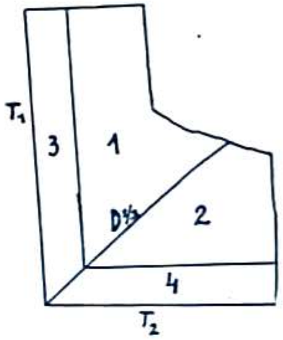
Ponekad se na plohama osnovnoga prividnoga romboedra opažaju i vicinalne forme upravo onako, kako ih je opisao G. Kalb (lit. 14, pag. 51 i 52). Vicinalne forme predstavljene su monosimetrijskom četverostranom piramidom, nekiput i disimetrijskom, kojoj je vrh obično smješten blizu ugla ili brida romboedra.

Pri optičkim istraživanjima bilo je teškoća. To se u prvom redu tiče priređivanja mikroskopskih preparata. Zbog vrlo malenog dvoloma interferencijske boje na preparatima normalne debljine toliko su niske, da su opažanja veoma nepouzdana. Kod debelih preparata opada pak providnost zbog toga, što su kristali obično jako raspucani, te su se preparati deblji od 0,25 mm rijetko kada mogli lijepo mjeriti. Smeta također često i naročita sraslačka i mimetska građa. Ktomu dolazi još jedna teškoća, a ta je, da habazit vrlo lako otpušta vodu pri zagrijavanju, pričem se, kako ćemo kasnije vidjeti, mijenjaju optička svojstva. Radi toga su se morali priređivati preparati i bez grijanja. U literaturi nisam našao nigdje opis, kako se to radi kod zeolita, pa ću izniјeti, kako sam ja radio. Lijepljenje kristala habazita na objektno stakalce vršilo se pomoću Zapon-laka. Samo brušenje išlo je normalno. Preparat izbrušen do željene debljine oslobađao se od upotrebljenog

ljepila otapanjem ljepila u acetonu. Nakon toga je slobodna pločica umetnuta u gust tekući kanadski balzam i pokrivena pokrovnim stakalcem, koje je bilo učvršćeno na svojim rubovima pomoću pečata, gipsa ili parafina, kako tekući balzam ne bi iscurio. Neke preparate brusio sam normalnim načinom, t. j. ulažući ih u vrući kanadski balzam, kako se to obično i radi. Pritome je izrada preparata išla neuporedivo lakše. Ipak sam se čuvao jačega ili duljega grijanja, tako da je ukupno grijanje kod oko 150° C trajalo oko 2 minute, t. j. toliko, koliko je potrebno, da se pomoću rastaljenog balzama izbrušeni preparat prilijepi na objektno stakalce i ohladi i koliko je potrebno, da se pokrije pokrovnim stakalcem. Preparati su priređivani ili približno paralelno s plohom prividnoga osnovnoga romboedra ili približno okomito na prividnu os c. Debljina priređenih preparata iznosila je od 0,1 do 0,5 mm. Preparati debljine oko 0,2 mm dali su se veoma dobro mjeriti, kako u paralelnom, tako i konvergentnom polariziranom svijetlu. Određivanje smjerova Ng, Nm i Np indikatrise bilo je uvijek vrlo oštro, koliko je, naravno, mjereni individuum bio homogen.



Sl. 1. Mikroskopska slika habazita. Preparat priređen paralelno plohi prividnoga romboedra, pričem je zahvaćen »nos« drugog sraslog prividnoga romboedra. Individuumi jezgre prvog prividnoga romboedra označeni su brojkama 1 i 2, a individuumi ruba brojkama 3, 4 i 5. Individuumi zahvaćenog »nosa« drugog prividnoga romboedra označeni su brojkama 6, 7 i 8.



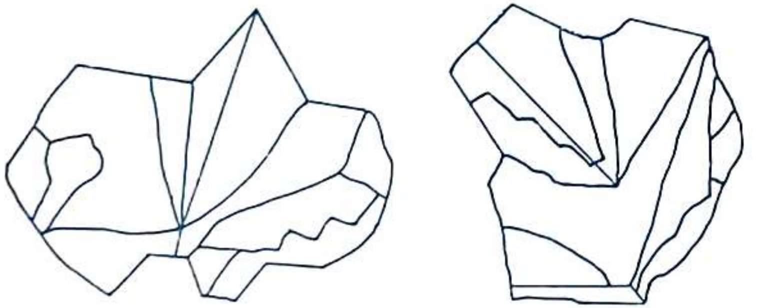
Sl. 2. Mikroskopska slika habazita. Preparat priređen približno paralelno plohi prividnoga romboedra. Individuumi jezgre označeni su brojkama 1 i 2, a individuumi ruba brojkama 3 i 4. D½ je trag sraslačke ravnine individuuma jezgre.

Indeks loma mjeren je na Kleinovu totalreflektometru. Prirodne plohe kristala nisu bile zgodne za mjerenje zbog svoje neravnosti i prutanja. Mjerenja su izvršena na fino poliranim preparatima, priređenima paralelno s plohom prividnoga osnovnoga romboedra. Srednji indeks loma u žutom natrijevom svijetlu iz 13 mjerenja iznosi Nm = 1,4852.

Promatranjem u običnom polarizacijskom mikroskopu mogla su se već utvrditi približno neka optička svojstva: indeks loma niži od in-

deksa loma kanadskoga balzama, dvolom veoma malen; u konvergentnom svijetlu u preparatima približno paralelnima s plohom prividnoga osnovnoga romboedra vidio se dio izogire, kako jasno mijenja položaj pri okretanju mikroskopskog stola. U preparatima približno okomitima na prividnu os c izlazila je oštra raspolovnica. Na tim preparatima vidio se centralni dio crnog krsta dvoosnog minerala, koji se pri okretanju mikroskopskoga stola jasno rastavljao u hiperbole. Moglo se utvrditi, da kut optičkih osi mora biti velik, jer pri zaokretanju mikroskopskog stola, ukoliko su se preparati približavali položaju okomito na oštru raspolovnicu, nisu se nikada vidjele optičke osi u vidnom polju.

Preparati priređeni približno paralelno s plohom prividnog romboedra pokazivali su većinom jednaku ili sličnu sliku (sl. 1 i sl. 2). Na slici 1 i slici 2 vidi se, da se preparat habazita sastoji iz jezgre označene na obje slike brojkama 1 i 2, i iz ruba označenoga na sl. 1 brojkama 3, 4 i 5, a na sl. 2 brojkama 3 i 4. Jezgra se obično sastojala iz dva individua oštro odijeljena ravnom linijom. Ta dva individuuma uvijek su u sraslačkom položaju, i to, kako ćemo kasnije vidjeti iz stereograma opažanja, sraslačka ravnina se podudara s ravninom simetrije okomitom



Sl. 3 i 4. Mikroskopska slika habazita. Preparat priređen približno paralelno s prividnom bazom. Svako polje predstavlja jedan individuum habazita.

na plohu prividnoga romboedra, koje smjerom je preparat priređen, odn. sa šavom, koji spaja različito isprutane sektore na plohi romboedra. Oko jezgre redovno se nalazi rub nekad oštro ograničen, no često je prijelaz bio postepen u formi paralelnih lamela. Čim je prijesjek (izbrusak) bio dublji prema središtu kristala, rub je širi, a jezgra sve manja. Rubovi predstavljaju individuume susjednih ploha, koji su rezom zahvaćeni. Iz toga se zaključuje, da se svaki individuum u obliku klina sužuje prema središtu prividnoga romboedra. Optička orijentacija ruba je drugačija nego ona jezgre. Prijesjeci približno paralelni s bazom (sl. 3 i sl. 4) pokazivali su znatno kompliciraniju sliku. Redovno se moglo opažati više individua, kojih granice mnogiput nisu bile oštre. Pri okretanju mikroskopskoga stola granice između pojedinih individua putovale su u obliku nazubljene linije preko pojedinih individua, što je podsjećalo na undulacijsko potamnjenje. Takve individuume većinom nije bilo moguće mjeriti.

Mjerenja su izvršena na polarizacijskom mikroskopu stativ CM tvrtke E. Leiz, s Fedorovljevim univerzalnim zakretnim stolićem UT4. Segmenti, među kojima se mjerilo, imali su indeks loma 1,554. Zbog razlike indeksa loma habazita i segmenta stolića izmjereni nagibi za optičke osi na osi A_4 instrumenta korigirani su na više pomoću Nikitinova dijagrama (lit. 15, Tafel I.) radi toga, da se prividni nagibi u staklu segmenta svedu na prave nagibe u mineralu. Na taj sam način pomoću stereograma opažanja dobio vrijednosti za kutove optičkih osi, koje sam podijelio na kategorije već prema tome, kako su priređeni mikroskopski preparati.

1. Negrijani preparati brušeni približno paralelno s plohom prividnoga romboedra:

Veličina kutova optičkih osi kod 22 mjerenja iznosila je: $+82^0$, $+72^1/_2{}^0$, $+77^1/_2{}^0$, $+80^0$, $+77^0$, $+81^1/_2{}^0$, $+69^0$, $+70^0$, $+72^0$, $+76^0$, $+56^1/_4{}^0$, $+73^0$, $+77^1/_2{}^0$, $+68^0$, $+67^0$, $+71^0$, $+57^1/_2{}^0$, $+55^0$, $+77^1/_4{}^0$, $+81^0$, $+60^1/_2{}^0$, $+76^1/_2{}^0$.

Minimalna vrijednost iznosi $+55^0$, a maksimalna $+82^0$. Srednja vrijednost kuta optičkih osi za ova mjerenja $2\,V = +71{,}7^0$.

2. Negrijani preparati brušeni približno paralelno s prividnom bazom.

Veličina kutova optičkih osi kod 29 mjerenja iznosila je: $+75^0$, $+82^0$, $+64^0$, $+77^0$, $+66^1/_4{}^0$, $+53^3/_4{}^0$, $+51^3/_4{}^0$, $+61^1/_4{}^0$, $+64^1/_2{}^0$, $+64^0$, $+66^0$, $+68^1/_2{}^0$, $+53^3/_4{}^0$, $+69^1/_2{}^0$, $+76^1/_4{}^0$, $+77^0$, $+68^0$, $+59^0$, $+72^0$, $+76^1/_4{}^0$, $+53^3/_4{}^0$, $+70^1/_4{}^0$, $+70^1/_2{}^0$, $+56^1/_4{}^0$, $+62^1/_4{}^0$, $+68^1/_4{}^0$, $+75^0$, $+78^0$, $+71^0$.

Minimalna vrijednost iznosi $+51^3/_4{}^0$, a maksimalna $+82^0$. Srednja vrijednost kuta optičkih osi iznosi $2\,V = +67^0$.

Srednja vrijednost za kut optičkih osi iz svih 51 mjerenja navedenih pod 1. i 2., izvršenih na negrijanim preparatima iznosi $2\,V = +69{,}3^0$.

3. Grijani preparati brušeni približno paralelno s plohom prividnoga romboedra.

Veličina kutova optičkih osi 13 mjerenja iznosila je: $+69^0$, $+61^1/_2{}^0$, $+58^1/_2{}^0$, $-86^1/_2{}^0$, $+84^1/_2{}^0$, $+78^1/_2{}^0$, $+73^0$, $+81^0$, $+75^0$, $+76^0$, 89^0, $+72^0$, $+73^0$.

Minimalna vrijednost iznosi $+58^1/_2{}^0$, a maksimalna $-86^1/_2{}^0$. Srednja vrijednost kuta optičkih osi iznosi $2\,V = +75{,}7^0$.

4. Grijani preparati brušeni približno paralelno s prividnom bazom.

Veličina kutova optičkih osi kod 7 mjerenja iznosila je: $+70^0$, $+58^3/_4{}^0$, $+71^1/_2{}^0$, $+71^1/_3{}^0$, $+71^1/_2{}^0$, $+89^0$, $+81^0$.

Minimalna vrijednost iznosi $+58^3/_4{}^0$, a maksimalna $+89^0$. Srednja vrijednost za kut optičkih osi iz svih 20 mjerenja navedenih pod 3. i 4., izvršenih na grijanim preparatima iznosi $2\,V = +74{,}9^0$.

5. Preparati grijani 24 sata kod 180^0C.

Za 3 mjerenja veličina kuta optičkih osi iznosila je: $-69^1/_4$, $-69^1/_2{}^0$, -71^0.

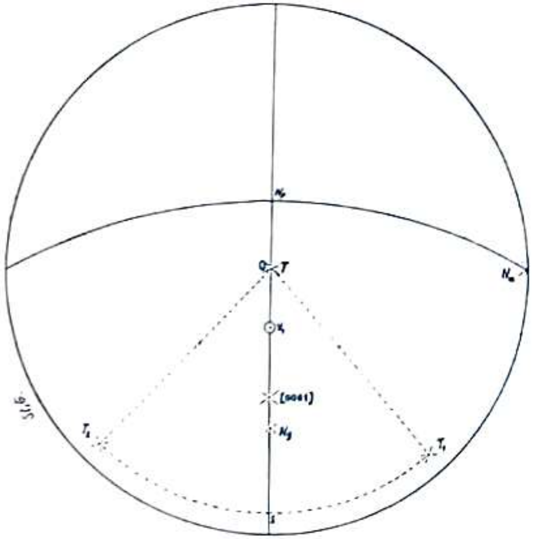
Srednja vrijednost $2\,V = -69{,}9^0$.

Vidi se, da je kut optičkih osi velik i na negrijanim preparatima uvijek pozitivan. U različitim preparatima, a nekiput i u pojedinim in-

dividuima istoga zrna on varira znatno između vrijednosti $+51^3/_4{}^0$ i $+82^0$. Slabim i kratkotrajnim grijanjem on uvijek poraste. Taj porast u prosjeku iznosi $+4,4^0$. Kod pojedinih individua on je iznosio svega 1^0, no u jednom slučaju iznosio je čak 14^0. Vrijednost kuta optičkih osi porasla je grijanjem u jednom slučaju preko 90^0, tako da se izmijenio optički karakter zrna. Prije grijanja kut optičkih osi iznosio je $+81^0$, a nakon grijanja $-86^1/_2{}^0$ na istom individuu.

Kod debljih preparata mogle su se optičke osi fiksirati i u konvergentnom svijetlu pomoću objektiva UM3, pa se uz dijagonalni položaj preparata mogla utvrditi jasno slaba disperzija $\varrho > \nu$.

Treba ovdje istaknuti, da su sva mjerenja izvršena na optički potpuno homogenim individuima ili na individuima, kojima su pojedine partije bile optički potpuno homogene.

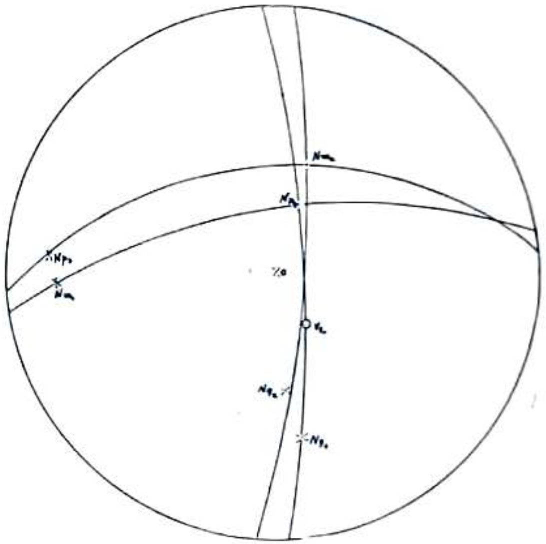


Sl. 5. Stereogram opažanja na mikroskopskom preparatu habazita priređenom približno paralelno s plohom prividnoga romboedra. Normala na plohu pada u središte stereograma (T). Druge dvije plohe prividnoga romboedra (T_1 i T_2) opažane su direktno kao terminalne plohe. Os c prividnoga romboedra dobivena je konstrukcijom. Slabo grijan preparat.

Podaci, koje sam dobio za kut optičkih osi, razlikuju se bitno od svih podataka, koji se dosada mogu naći u literaturi. A. Winchell (lit. 16, pag. 334 i 335) kaže, da je karakter habazita čas pozitivan, čas negativan, a kut optičkih osi da varira od 0^0—32^0. C. Doelter (lit. 17, pag. 108) navodi veličinu kuta optičkih osi $2V = 0^0$—18^0. Habazit je prema C. Doelteru (lit. 17, pag. 106) ponajviše optički anomalan, dvoosan. C. Hintze (lit. 18, pag. 1770) navodi isto. Lučicki (lit. 19, pag. 181) spominje ga kao optički anomalnog, s malim kutom optičkih osi. F. Rinne (lit. 20., pag. 179) navodi podatak Grandjeana za kut optičkih osi habazita $2V = 65^0$, s negativnim dvolomom. Ovo je jedini podatak za veliki kut optičkih osi kod habazita. Rinne je utvrdio također, da se optička svojstva habazita grijanjem (tj. gubljenjem vode) bitno, no kontinuirano, mijenjaju. U svom poznatom radu F. Becke (lit. 21.) se ne izjašnjava određeno o veličini kuta optičkih osi, već kaže (lit. 21,

pag. 402.) zaključujući prema optičkom ponašanju, da habazit ima triklinsku narav, da ravnina optičkih osi izlazi koso prema prividnoj bazi i da se na toj plohi ne vide optičke osi. Na plohama prividnog romboedra (lit. 21, pag. 395), koje on uzima za prvi i drugi pinakoid, vidio je, kako izlazi jedna optička os, a na plohi uzetoj za treći pinakoid nije opazio optičke osi. Na prvom pinakoidu izlazila je optička os njemu lijevo sa strane, a na drugom pinakoidu daleko na rubu vidnog polja, nagnuta prema prividnoj bazi. Odatle možemo zaključiti, da je kut optičkih osi u Beckeovim preparatima bio velik.

Gotovo svi navedeni autori osim dva posljednja, a i mnogi drugi govore o optičkoj anomalnosti habazita. To se odnosi uglavnom na to,



Sl. 6. Stereogram opažanja optičkih elemenata na mikroskopskom preparatu habazita, priređenom približno paralelno s plohom prividnoga romboedra. S indeksom 1 označeni su optički elementi jezgre, a s indeksom 2 elementi ruba. Negrijan preparat.

da oni shvaćajući habazit kao romboedrijski mineral optičku dvoosnost njegovu moraju uzimati za anomaliju tumačeći tu »anomaliju« na različite načine i uz različite pretpostavke.

Radi komparacije istražio sam nekoliko kristala habazita s drugih nalazišta. Evo rezultata:

1. Habazit s otočja Faröera: na plohama približno paralelnim s prividnim romboedrom mjereni su kutovi optičkih osi: $+54^0$, $+45^0$, $+59^1/_2{}^0$, $+64^0$. Preparati negrijani.

2. Habazit od Nidde u Rajnskom Hessenu: na izbruscima približno paralelnim s plohom prividnoga romboedra mjeren je kut $2V = -66^0$. Preparat negrijan.

3. Habazit od Obersteina na Nahi u Birkenfeldu: preparati približno paralelni s plohom prividnoga romboedra. Mjerenjem smo dobili rezultate $2V = -73^1/_2{}^0$, -73^0, $+69^1/_2{}^0$. Preparati negrijani.

4. Habazit od Sirkwitza kod Bürrenberga u Šleziji: preparat približno paralelan s plohom prividnoga romboedra. Izmjeren kut $2V = +74^0$. Preparat negrijan.

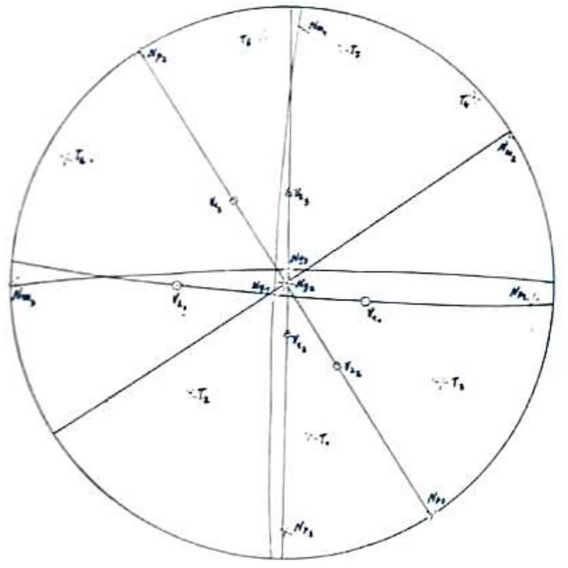
5. Prema saopćenju, koje mi je dao iz svojeg rukopisa dr. Lj. Barić, habazit od Jablanice u Hercegovini optički se ponaša gotovo potpuno jednako kao i habazit od Bora.[3]

Na priloženim stereogramima vide se odnosi optičkih elemenata kao i njihov položaj prema terminalnim plohama kristala.

Stereogram sl. 5. prikazuje položaj optičkih elemenata prema plohama prividnog romboedra. Ravnina optičkih osi podudara se s jednom od ravnina simetrije prividnog romboedra. Ng zatvara s prividnom osi c kut od oko 10°. Preparat je bio slabo grijan.

Stereogram sl. 6 prikazuje razmještaj optičkih elemenata individuuma jezgre i ruba. Individuumi su u sraslačkom položaju.

Stereogram sl. 7. Sva tri individuuma su u međusobnom sraslačkom položaju. Vidi se, da smjerovi Ng svih individuuma padaju međusobno



Sl. 7. Stereogram opažanja na mikroskopskom preparatu habazita priređenom približno paralelno s prividnom bazom. Pripadni optički elementi svakog od tri individuuma označeni su indeksima 1, 2 i 3. Negrijan preparat.

blizu, te se približuju smjeru prividne osi c. Smjerovi Nm i Np leže u ravnini, koja položajem malo odstupa od prividne baze. Kutovi optičkih osi mjereni su direktno.

Sličan stereogram dobili smo i za 6 individuuma u jednom zrnu, koji su svi bili međusobno u sraslačkom položaju.

Na stereogramu sl. 8 vidi se, da se grijanjem položaj optičkih elemenata bitno mijenja. Položaj optičkih elemenata negrijanih individua, koji pripadaju »jezgri«, predstavlja općeniti slučaj položaja, koji se kod negrijanih preparata stalno ponavlja. Međusobni položaj geometrijskih i optičkih elemenata u svakom od oba srasla pojedinca razlikuje se donekle od međusobnog položaja jednih i drugih elemenata u

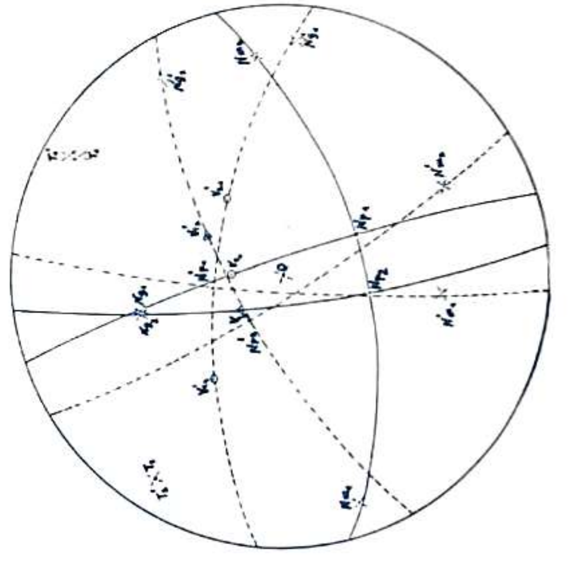
[3] Uzorak naveden pod 1. nalazi se u zbirci Mineraloško-geološkog zavoda Tehničkog fakulteta u Zagrebu, a oni pod 2–5 u zbirci Mineraloško-petrografskog muzeja u Zagrebu. Za saopćenje pod 5. najljepše zahvaljujem dr. Lj. Bariću.

slabo grijanom preparatu, kako je prikazan u stereogramu sl. 5. Kako se iz položaja optičkih elemenata u sl. 8 grijanih individuuma vidi, barem jedan od optičkih smjerova mora mijenjajući položaj za vrijeme grijanja proći kroz položaj ravnine simetrije prividnoga romboedra. Zato valja zaključiti, da je simetrijski položaj optičkih elemenata u stereogramu sl. 5 slučajan položaj nastao slabim grijanjem.

Na osnovu izloženoga i iz priloženih stereograma i slika možemo zaključiti ovo:

Dva individua, koji se na plohi prividnog romboedra mogu razlikovati po prutanju i vidljivom dodirnom šavu, nalaze se u sraslačkom položaju. Sraslačka ravnina podudara se s ravninom simetrije okomitom na plohu prividnog romboedra. U međusobnom sraslačkom položaju nalaze se i individuumi, koji se nalaze na rubovima jezgre, u prepara-

Sl. 8. Stereogram opažanja na mikroskopskom preparatu habazita, priređenom približno paralelno s plohom prividnoga romboedra. Oba individuuma 1 i 2 pripadaju jezgri i nalaze se u sraslačkom položaju. Punom crtom izvučeni su elementi negrijanog preparata, a crtkano elementi elementi istih individuuma grijanih 24 sata kod 180° C. Oznake bez crtica desno gore odnose se na položaje prije grijanja.



tima priređenim približno paralelno s plohom prividnog romboedra. Ovi individui rubova pripadaju susjednim individuumima na susjednim plohama prividnoga romboedra.

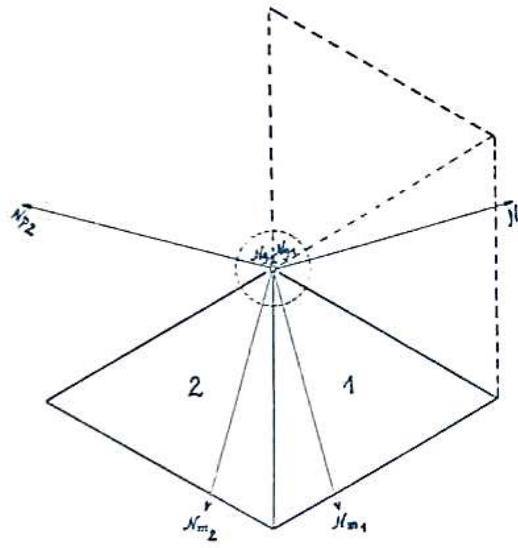
Ravnina optičkih osi jednoga individuuma zatvara kut od 10—15° s prividnom ravninom simetrije susjedne plohe prividnoga romboedra, koja se nalazi uz taj individuum. Smjer Ng zatvara s prividnom osi c kut od najviše 10°, no ima slučajeva, gdje se s njom podudara. Smjerovi Nm i Np odgovarajući tome zauzimaju položaj, koji malo odstupa od okomice na os c prividnoga romboedra habazita. Ti odnosi vide se u slici 9, gdje je prikazana jedna ploha prividnoga romboedra s dva individuuma habazita i pripadnim optičkim elementima.

Svaki pojedini individuum pripada triklinskoj singoniji. Šest individuuma gornje ili donje polovice romboedra predstavljaju šest sektora

i sastavljaju prividnu romboedrijsku formu onako, kako je to prikazao F. Becke (lit. 21, pag. 416 i 417). Individuumi imaju oblik klina, koji se sužuje prema središtu prividnoga romboedra.

Pri grijanju optička svojstva se mijenjaju. Ta je promjena kod slabijeg i kratkotrajnog grijanja malena, no kod trajnog i jakog grijanja znatna, tako da se položaj optičke indikatrise sasvim promijeni, a promijeni se i optički karakter. Te promjene zavise svakako od intenziteta dehidracije kristala habazita.

Na jednom preparatu odredio sam dvolom Ng–Nm namjestivši pomoću univerzalnoga stolića smjer Np u tubus mikroskopa. Razliku u hodu izmjerio sam pomoću Berekova kompenzatora. Da bi točnost u



Sl. 9. Orijentacija optičkih elemenata dva individuuma habazita na jednoj plohi prividnoga romboedra. Pogled u smjeru prividne osi c. Smjer Ng podudara se s prividnom osi c ili zatvara s njom kut od najviše 10°, tj. može pasti u prostor označen crtkanim krugom. Projekcija smjera Nm zatvara s ravninom simetrije plohe prividnoga romboedra kut od 10–15°. Smjer Np i ravnina optičkih osi zatvaraju isti kut s ravninom simetrije susjedne plohe prividnoga romboedra.

određivanju razlike u hodu povećao, povećao sam tu razliku umetnuvši u tok zraka gipsnu pločicu s vlastitom razlikom u hodu od 540 mμ. Debljinu preparata odredio sam pomoću planimeterokula po Nikitinovoj metodi (lit. 15, pag. 61—64) i našao, da ona iznosi 0,1715 mm. Za dvolom Ng–Nm dobio sam tako vrijednost 0,0006. Pomoću Boldirevljeva dijagrama (lit. 22, planche No. VII) iz toga dvoloma i kuta optičkih osi 2 V = +71°, mjerenog na istom preparatu, izlazi za dvolom Nm–Np vrijednost 0,0004. Slijedi iz toga za maksimalni dvolom vrijednost Ng–Np = 0,0010. Iz tih vrijednosti pomoću direktno određenog Nm = 1,4852 dobivamo vrijednosti Ng = 1,4858 i Np = 1,4848.

Tvrdoća po Mohsovoj skali iznosi oko 5. Ne baš izrazita kalavost postoji smjerom plohe prividnog romboedra. Gustoća mjerena metodom piknometra kod 25,1°C iznosi 2,026.

Kemijskom analizom čistog, pomoću stereoskopske lupe probranog materijala dobio sam rezultat:

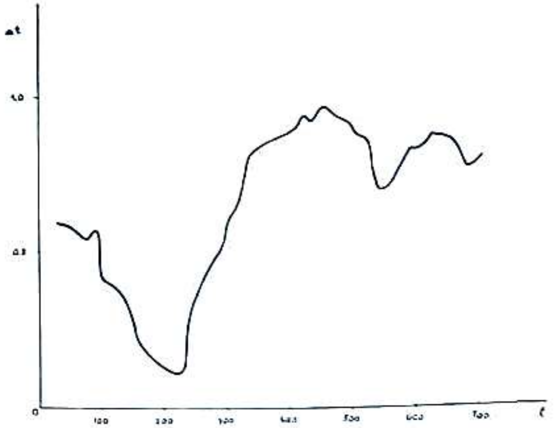
		mol. kvoc.	atom. kvoc.
SiO_2	48,78%	81,22	Si = 81,22
Al_2O_3	18,04%	17,70	Al = 35,40
CaO	9,77%	17,42	Ca = 17,42
Na_2O	0,98%	1,58	Na = 3,16
K_2O	0,60%	0,64	K = 1,28
H_2O	22,04%	122,30	O = 235,50
Fe, Mn	trag	—	
	100,21%		

Pomoću molekularnih kvocijenata možemo postaviti ovaj razmjer: $(Ca, Na_2, K_2)O : Al_2O_3 : SiO_2 : H_2O = 1 : 0,901 : 4,135 : 6,227$, što približno odgovara formuli $(Ca, Na_2, K_2)\ Al_2Si_4O_{12} \cdot 6H_2O$.

Pomoću atomskih kvocijenata točna formula izgledala bi ovako:

$$Ca_1Na_{0,184}K_{0,075}Al_{2,03}Si_{4,67}O_{13,5} \cdot (H_2O)_{7,02}$$

Diferencijalna termička analiza[4] prikazana je krivuljom na slici 10. Iz krivulje se vidi, da mineral gubi najveći dio vode, po svoj prilici



Sl. 10. Tok krivulje dobiven diferencijalnom termičkom analizom.

svu, do 235°C, pričem je najnagliji gubitak oko temperature od 100°C. U daljem toku krivulje opaža se jedan jači endotermni proces oko 550°C i jedan slabiji oko 670°C. U glavnim crtama krivulja ima isti tok kao što navodi J. Wyart (lit. 23, pag. 140 i 141).

Na kristalima habazita iz Bora izvršena su i rentgenska snimanja.[5] Dijagrami dobiveni po Laueovoj metodi (sl. 11), snimljeni okomito na plohu prividnog romboedra, pokazuju uvijek jednu ravninu simetrije,

[4] Izvršeno u Zavodu za fizikalnu kemiju Tehničkog fakulteta u Zagrebu.

[5] Izvršeno u Fizikalnom institutu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pričem mi je pomogao dr. D. Grdenić, pa mu se ovom prilikom najljepše zahvaljujem.

što je normalna posljedica pravilne sraslačke građe, kako je to ranije opisano. Računom iz dijagrama dobivenog po Braggovoj metodi (sl. 12) djelomične rotacije kristala za 10° oko jednog brida romboedra dobiva se ista vrijednost a_0, kakvu je dobio J. Wyart (lit. 23, pag. 104 i 105). Iz toga se da zaključiti, da se radi o istoj mineralnoj tvari, istom mineralu, kojim je radio J. Wyart.

Postoji očiti nesklad između optičkih rezultata i rezultata rentgenskih snimaka, iz kojih izlazi, da je habazit romboedrijske simetrije. To možemo tumačiti tako, da do danas nije nitko izlučio kristal pojedinac habazita i na njemu izvršio rentgenska istraživanja strukture, već je pri strukturnim istraživanjima upotrebljen prividni romboedar habazita sastavljen od šest individuuma, dakle sraslac. Rezultat je radi toga morao biti, da na snimci po Lauevoj metodi postoji ravnina simetrije, a po Braggovoj metodi izlazi romboedrijska elementarna ćelija, kao što se to dogodilo i u našem slučaju. Taj nesklad ide dakle na račun strukturnih podataka, t. j., kako je to istaknuo J. Wyart (lit. 23, pag. 114 i 115), rezultat strukturne analize nije drugo nego statistička vrijednost dobivena zbog pravilnog sraščivanja šest individuuma u jedan prividni romboedar.

II. DESMIN

Već ranije je navedeno, da se desmin javlja u agregatima u obliku karakterističnih snopića ili u radijalno-sferolitskim agregatima. Ipak je pošlo za rukom, da se izdvoji nekoliko sitnih individuuma, na kojima su izvršena goniometrijska mjerenja i utvrđene ove forme: m(110), b(010), c(001) i f($\bar{1}$01). Svi mjereni individuumi bili su sraslaci po poznatom zakonu sa sraslačkom ravninom (001). Zbog toga srastanja moglo se često na pojedinim izdvojenim kristalićima vidjeti, kako na vrhu četvrtastog stubića stoji prividna četvrtasta piramida. To potpuno podsjeća na sl. 4., tabla 25. u lit. 24. Bilo je kristalića i pločastog habitusa. Boje je bijele ili mliječnoprovidne.

Na preparatima, koje se pripremilo kao i kod habazita bez grijanja na iskalanim pločicama utvrđena je orijentacija: Ng i Np u ravnini kalotine i to Np u smjeru njena produljenja, a Ng okomito na produženje. Nm ide okomito na kalotine. Pri ovakvu položaju bilo je direktno mjerenje kuta optičkih osi nemoguće. U tri preparata, koji su priređeni okomito na smjer produljenja stubića, izmjerene su vrijednosti $2V = -31^0$, $-32^1/_4{}^0$, -33^0. Izmjereni dvolom $Ng - Np = 0{,}013$ kod debljine pločice od 0,2312 mm. Kod preparata, koji su priređeni ulaganjem u rastaljeni kanadski balzam, dakle grijanjem, primijetilo se smanjivanje kuta optičkih osi. U dva slučaja bio je kut optičkih osi tako malen, da je desmin izgledao jednoosan.

Kala se savršeno u tanke pločice. Na kalotinama ima sedefasti sjaj. Tvrdoća po Mohsovoj skali oko 4. Gustoća određena metodom piknometra kod 26,2°C iznosi 2,088. Grijanjem u cjevčici izdaje vodu, lista se i buja takvom silom, da znatno raširi i deformira dno cjevčice.

Kemijskom analizom na odabranom materijalu dobio sam ovaj rezultat:

		mol. kvoc.	atom. kvoc.
SiO_2	54,70%	91,08	Si = 91,08
Al_2O_3	17,00%	16,68	Al = 33,36
CaO	8,14%	14,52	Ca = 14,52
Na_2O	1,10%	1,77	Na = 3,54
K_2O	0,23%	0.24	K = 0,48
H_2O	19,12%	106,13	O = 248,69
Fe	trag	—	
	100,29%		

Iz molekularnih kvocijenata izlazi ovaj razmjer:

$$(Ca,\ Na_2,\ K_2)O : Al_2O_3 : SiO_2 : H_2O = 1 : 1{,}01 : 5{,}51 : 6{,}42$$

Točna formula desmina iz Bora izvedena pomoću atomskih kvocijenata i uređena izlazi:

$$Ca_1Na_{0,244}K_{0,033}Al_{2,3}Si_{6,27}O_{17,15} \cdot (H_2O)_{7,3}$$

(Primljeno u sjednici Odjela za prirodne nauke od 5. II. 1953.)

LITERATURA

1. *Lazarević M.*, Ein Beispiel der »Zeolith-Kupfer-Formation« im Andesit-Massiv Ostserbiens, Zeitschr. f. prakt. Geol., 18. Jahrg., pag. 81–82, Februar 1910, Berlin.
2. *Lazarević M.*, Die Enargit-Covellin-Lagerstätte von Čuka Dulkan bei Bor in Ost-Serbien. Zeitschr. f. prakt. Geol., 20. Jahrg., pag. 337–370, September 1912, Berlin.
3. *Urošević S.*, Mineralogija. Beograd 1928.
3. *Marić L.*, Efuzivne stijene rudne oblasti između Zletova i Kratova. Spomenica M. Kišpatića, Izdanje Jug. akademije, Zagreb 1953.
5. *Tomić J.*, Mineraloške i hemijske osebine lavičnih stena jednog dela Crnorečkog Basena. Geol. Anal. Balk. pol., knj. 10, deo 2, pag. 128–138, Beograd 1931.
6. *Tućan F.*, Sijeniti, graniti i daciti od Lojana u Skopskoj Crnoj Gori. Rad Jug. Akad. znan. i umj., knj. 254 (79), pag. 29–110, Zagreb 1936.
7. *Tućan F.*, Prinosi za poznavanje minerala u Jugoslaviji. – 1. Titanit iz gabra kod Jablanice u Hercegovini. Spomenica S. M. Lozanića, pag. 193–195; Beograd 1922.
8. *Kišpatić M.*, Eruptivno kamenje u Dalmaciji. – 1. Diorit od Knina. Rad Jug. akad. znan. i umj., knj. CXI, pag. 158–190, Zagreb 1892.
9. *Kišpatić M.*, Mineraložke bilježke iz Bosne. – IX. Heulandit iz Motajice. Rad Jug. akad. znan. i umj., knj. 151, pag. 28–68, Zagreb 1902.
10. *Niggli P. - Koenigsberger J. - Parker R. L.*, Die Mineralien der Schweizeralpen. Band II, Basel 1940.
11. *Tućan F.*, Mineralogija. Knj. II. Specijalna mineralogija. Beograd 1930.
12. *Ramdohr P.*, Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie. 13. Aufl., Stuttgart 1948.

13. *Niggli P.*, Lehrbuch der Mineralogie. Berlin 1920.
14. *Kalb G.*, Die minerogenetische Bedeutung der Vizinalerscheinungen natürlicher Kristallarten. Fortschr. Min. etc., Band 17, Teil 1, pag. 50–53, Berlin 1932.
15. *Nikitin W.*, Die Fedorow-Methode. Berlin 1936.
16. *Winchell A. N.*, Elements of Optical Mineralogy. Part II, 4rd Ed., New York – London 1951.
17. *Doelter C.*, Handbuch der Mineralchemie. Band II, Teil 3, Dresden u. Leipzig 1921.
18. *Hintze C.*, Handbuch der Mineralogie. Band II, Leipzig 1897.
19. *Lučickij V. I.*, Petrografija. Tom I, Moskva-Leningrad 1947.
20. *Rinne F.*, Kristallographisch-chemischer Ab- und Umbau insbesondere von Zeolithen. Fortschr. Min. etc., Band III, pag. 159–183, Jena 1913.
21. *Becke F.*, Ueber die Zwillingsbildung und die optischen Eigenschaften des Chabasit. Tscherm. Min. u. petr. Mitt., Band II, Heft 5, pag. 391–417, Wien 1880.
22. *Nikitin W. W.*, La méthode univérselle de Fedoroff. Tome I et II, avec Atlas, Geneve, Paris et Liége 1914.
23. *Wyart J.*, Recherches sur les zéolites. Bull. Soc. Franc. Min., Tome 56, pag. 81–187, Pl. I–VIII, Paris 1933.
24. *Goldschmidt V.*, Atlas der Krystallformen, Band III – Tafeln. Heildelberg 1916.
25. *Brauns R.*, Die optischen Anomalien der Krystalle. Leipzig 1891.

ABSTRACT

CHABASITE AND STILBITE FROM BOR (YUGOSLAVIA)

The chabasite and the stilbite of Bor (Yugoslavia) crop up in the veins of andesite.

The finely developed crystals of the chabasite itself usually occur as twins and have the form of a rhombohedron. The faces of the crystals are striated, the traces of the composition planes are to be seen well.

On thin sections cut parallel to a face of the rhombohedron as well as on those cut parallel to the base it could be proved that the apparent rhombohedron was made up of six individuals of the triclinic syngony, regularly intergrown so as to form the rhombohedral shape.

By means of the universal stage the following optical constants were noticed:

a) on thin sections when cold cut approximatively parallel to a face of an apparent rhombohedron $2V = +71{,}7^0$ (22 measurements), minimal value of $2V = +55^0$ and the maximum $2V = +82^0$.

b) on thin sections when cold cut approximatively parallel to the apparent base $2V = +67^0$ (29 measurements), minimal value of $2V = +51^3/_4{}^0$, and the maximum $2V = +82^0$.

The mean value of the angle of optic axes obtained from all 51 measurements on thin sections mentioned under a) and b) when cold was $2V = +69{,}3^0$.

c) on somewhat heated thin sections cut approximatively parallel to a face of the apparent rhombohedron $2V = +75{,}7^0$ (13 measurements), minimal value $2V = +58^1/_2{}^0$, and the maximum $2V = -86^1/_2{}^0$.

d) on somewhat heated thin sections cut approximatively parallel to the apparent base $2V = +73{,}9^0$ (7 measurements), minimal value $2V = +58^3/_4{}^0$, and the maximum $2V = +89^0$.

The mean value of the angle of optic axes from 20 measurements on somewhat heated thin sections mentioned under c) and d) was $2V = +74{,}9^0$.

e) on thin sections heated for 24 hours at 180^0 C the angle of the optic axes was $2V = -69{,}9^0$ (3 measurements).

A large angle of optic axes has been proved on the chabasite from other five different localities as well.

Luka Marić

EFUZIVNE STIJENE U RUDNOJ OBLASTI IZMEĐU ZLETOVA I KRATOVA

Od prostrane zletovsko-kratovske vulkanske oblasti, ograničene sa sjeverne strane Kozjak-planinom, s istočne ograncima Osogovskih planina, s južne Kočanskom nizinom i dijelom Ovčim poljem i sa zapadne strane Kumanovsko-pčinjskim neogenom, mi ćemo ovim radom obuhvatiti samo njezin manji najistočniji dio između Zletova i Kratova, gdje je došlo do razvitka rudnih pojava galenita i sfalerita s piritom u ekonomski značajnim količinama. Ovaj uži Zletovsko-kratovski rudni kraj oivičen je sa sjevera Lisac-planinom iznad Kratovske rijeke, sa istoka gornjim tokom Zletovske rijeke i vijencem Sinkovice do manastira Sv. Pantelije, sa juga Rajčanskim ridom i dolinom Belošice, a sa zapada približno crtom između Crnog vrha (1115 m) i Dudarove Korije (767 m) (vidi petrografsku kartu s rudnim žilama kod Dobreva).

Najranije vijesti o eruptivnim stijenama i rudnim pojavama između Zletova i Kratova nalazimo u radovima *A. Bouéa* (1) i *A. Viquesnela* (2), koji su u prvoj polovini prošloga stoljeća boravili u Kratovu, mjestu tada na glasu po srebronosnom galenitu u porfiru. Otada nema više vijesti o tome rudnom kraju sve do početka ovoga stoljeća, kad je tamo zašao *J. Cvijić*, da prouči eruptivne stijene između Zletova i Kratova, vrste erupcija i geološki položaj kratovsko-zletovske eruptivne mase i drugih stijena na Balkanskom poluotoku. O eruptivnim stijenama u toj oblasti piše Cvijić u svome djelu »Osnove za geografiju i geologiju Makedonije i Stare Srbije« (3. p. 169): »U kratovsko-zletovskoj oblasti konstatovane su ove mlade eruptivne stene: 1. andezit, i to biotit-andezit i augit-andezit. 2. dacit i propilitni dacit. 3. riolit i 4. bazalt. Osim toga su na dva mjesta, kod Makreša i Bukovca, zapažene žice granita i pegmatita, oko Lesnova struje porfira i porfirne brečije. Ove struje eruptivne stene iščezavaju prema velikom rasprostranjenju mladih eruptivnih stena, naročito prema andezitu, koji je glavna stena kratovsko-zletovske oblasti.

Bazalt se javlja samo na ivici oblasti i izgleda vezan za zasebne, mlade pukotine«. On piše i o starosti eruptivnih stijena u toj vulkanskoj oblasti navodeći, da su erupcije započele moguće još u gornjoj kredi, a za nagoričinski bazalt misli da je izbio pri kraju neogena ili u početku diluvija (l. c. 3. p. 170).

Poslije *Cvijića* piše o eruptivnim stijenama zletovske-kratovske vulkanske oblasti, kao o miocenskim trahitsko-andezitskim eruptivnim stijenama, *F. Kossmat* (4. p. 144–148), oslanjajući se u glavnom na Cvijićeve podatke objavljene u Osnovama.

Najzad piše o geološkim i rudnim prilikama ove uže eruptivne oblasti između Kratova i Zletova *G. Bončev* (5), a o geološkoj starosti erupcija *J. Tomić* (6), koji je proučavao odnos sedimentnih stijena prema eruptivnim stijenama i njihovim tufovima na južnoj strani te prostrane vulkanske oblasti.

To su sve vijesti o eruptivnim stijenama i rudnim pojavama najistočnijeg dijela velike zletovsko-kratovske vulkanske oblasti.

Zapadni rub te prostrane eruptivne oblasti između Bregalnice i Vardara čini niz vulkanskih glavica, koje je proučio *J. Tomić* (7) kao litološku seriju trahit-kajanita. On ih je iscrpno obradio mikroskopski i kemijski, dopunivši tako ranije podatke *J. Cvijića* (8), *M. Kojića* (9) i *A. Lacroixa* (10) o tim zanimljivim efuzivnim stijenama na lijevoj strani Vardara.

U užem zletovsko-kratovskom području s rudnim pojavama oko Dobreva nalazimo samo efuzivne stijene i njihove tufove. Tek istočno od Zletovske rijeke pomaljaju se ispod njih kristalaste škriljave stijene Ponikve i Lopena, a sjeverno od Kratovske rijeke kristalaste stijene Lisca. One su vrlo poremećene i tvore osnovu, na koju su se izlile lave i staložile debele naslage tufova.

U rudnom području između Zletova i Kratova nalazimo pretežno andezite i njihove tufove. Mjestimice gusti, a mjestimice tufozni sivi andeziti tvore širok pojas duž Zletovske rijeke, koja je i u njih duboko usjekla svoje korito. Ti su andeziti pokriveni zapadno od puta iz Lesnova u Kratovo debelim slojevima tufova, tako da svježe eruptivne stijene izbijaju tek osamljeno na Iljinom Krstu, na Gradištu povrh Dobreva, na Zlatici (Plavici) i na Zdravči-Kamenu.

U toj rudnoj oblasti nalazimo međutim osim andezita s izrazitom porfirskom strukturom još i svijetlu porfirsku stijenu s velikim sraslacima dvojcima sanidina, s biotitom i kremenom, dakle sanidinski biotitski dacit, koji ima u Dobrevu oblik male zaobljene glavice, a na Zdravči-Kamenu oblik oveće razvučene eruptivne gromade.

Nedaleko pak od Dobreva, u selu Maričinu, zatim u potoku Kiselici, koji dolazi sa Zlatice (Plavice), na Crvenom ridu i na Garini, nalazimo crnu gustu efuzivnu stijenu, koja se habitom razlikuje od andezita i dacita okoline Dobrave. Stijena ima lice bazalta, ali nije bazalt, već, kako

su mikroskopska i kemijska ispitivanja pokazala, labradoritski augitski andezit, koji osim toga predstavlja i jednu posebnu fazu efuzija u ovome području.

U Gavričkom dolu kod Lesnova, zatim na grebenu Zlatice (Plavice), na Golemom i Crnom vrhu, nalazimo spužvaste i brečaste jako silificirane mase, koje su preostale od andezita izvrgnutog jakom djelovanju mineraliziranih kiselih vodenih otopina.

Na velikom području pak između Lesnova i Dobreva, na Zlatici (Plavici) oko Kundina, Grizilovaca, Plešinaca i Stubola, eruptivne stijene su duboko propilitizirane. U takvim propilitiziranim stijenama nalaze se između Dobreva i Lesnova, zatim na Zlatici (Plavici) i oko Šlegova žile galenita i sfalerita, mjestimice s piritom i halkopiritom, i s mineralima jalovine, sideritom, baritom, kalcitom, rodohrozitom i ceruzitom. U okolini Plešinaca i Stubola došlo je do postanka gipsa i sumpora, a ferisulfata ima poput eflorescencije svagdje po rudnim žilama na površini.

Budući da o tim efuzivnim stijenama u najistočnijem dijelu prostrane zletovsko-kratovske vulkanske oblasti nema dosada potanjih petrografskih, petrokemijskih i rudnih paragenetskih istraživanja, mi ćemo ih iznijeti u ovome radu. Ovi podaci će nam otkriti neke značajne osobine efuzivnih stijena u tom užem području između Zletova i Kratova, ali oni će nam već sada u manjem mjerilu poslužiti i za proučavanje odnosa tih stijena prema stijenama serije trahit-kajanita na zapadnom rubu te prostrane vulkanske oblasti, u području između Bregalnice i Vardara. Dakako iscrpnom uporednom proučavanju i rješavanju pitanja njihove genetske veze moći će se pristupiti tek onda, kad ta cijela vulkanska oblast bude mineraloško-petrografski i kemijski ispitana. Tada će se moći diskutirati i o vremenskoj i prostornoj evoluciji mladog vulkanizma ne samo u toj prostranoj vulkanskoj oblasti istočno od Vardara, nego i u cijeloj Makedoniji.

A) PETROGRAFSKI DIO

Prema ranijim geološkim istraživanjima nalaze se u najistočnijem dijelu prostrane zletovsko-kratovske vulkanske oblasti pretežno stijene iz skupine andezita, a to potvrđuju i naša istraživanja. Uz njih nalazi se međutim i sanidinski biotitski dacit sa rudnim pojavama, koje su raspoređene u pravcu od sjeverozapada prema jugoistoku. U istom pravcu nalazimo i efuzije crnog labradoritskog augitskog andezita, koje su međutim dosta oštro odijeljene od andezita i dacita područja Dobreva, Zlatice (Plavice) i Zdravči-Kamena.

Mineraloško-petrografska ispitivanja vršili smo prvo na stijenama u rudnom pojasu između Zletova i Kratova i u slivu Zletovske rijeke, a zatim zapadnije odatle u području sela Maričina, iz Kiselice potoka, sa Crvenog rida i sa Garine.

1. *Biotitski amfibolski andezit.* Duž Zletovske rijeke nalazimo biotitski amfibolski andezit u pojasu širokom 2—4 km. Boje je sive i porfirske strukture, mjestimice gust, a mjestimice dosta porozan. Porfirski glinenci su veliki 2—3 mm, kao i crni idiomorfni listići biotita. Utrusaka glinenaca i biotita ima gotovo koliko i osnove, koja je gdjekad žućkasto bojena od limonita.

U okolini Dobreva, a naročito pod Konjarevskim brijegom ima u biotitskom amfibolskom andezitu mnogo uklopaka (anklava) gotovo crne škriljaste stijene. Uklopci su razne veličine i oblika, najviše nepravilni odlomci kristalaste škriljaste stijene, koji su erupcijom otkinuti od matične stijene i poneseni prema površini. Bit će vrlo zanimljivo izvršiti potanja istraživanja takvih uklopaka radi upoznavanja promjena, što ih je pretrpjela škriljasta stijena u dodiru sa lavom. Mikroskopska i kemijska istraživanja, koja smo izvršili na nekoliko takvih uklopaka, pokazala su značajne promjene u njihovu i mineralnom sastavu i kemizmu, ali i to, da su uklopci zadržali strukturne relikte prvotne kristalaste škriljaste stijene.

U izbruscima od biotitskog amfibolskog andezita vidimo pod mikroskopom utruske plagioklasa s nejednolično korodiranim rubovima. Ima i jednostavnih lamela i polisintetskih sraslaca skršenih, prelomljenih s unduloznim potamnjenjem. Polisintetski sraslaci su često i inverzno zonarni. Mjerenja na teodolitnom mikroskopu pokazala su, da imaju srednju vrijednost 46—47% an. Jezgra je u zonarno građenih plagioklasa bazičnija, sa 60% an, a rub kiseliji, sa 40—45% an. Pripadaju dakle plagioklasima iz reda *andezina* i *andezin-labradorita.* Mjerenjem na integracijskom stoliću dobili smo u izbruscima iz Kunova 27 vol% plagioklasa. Mjerenja je vršio *V. Majer* u min. petrografskom muzeju u Zagrebu.

Biotit je negdje listićast s nepravilnim konturama, a negdje sasvim pravilna heksagonalna oblika. Ima i listića produljenih uporedo pukotinama kalavosti. Pleohroizam mu je jak, od svijetložućkaste do smeđe, kadikad i tamnosmeđe boje. Ima individua oivičenih širokim pojasom opacitskog magnetita, a negdje nalazimo samo zrnast magnetit u konturama ranijeg biotita. Mjestimice je sav pretvoren u klorit. Mjerenje u mikroskopskom preparatu dalo je 4,5 vol% biotita.

Amfibola ima gotovo toliko kao i biotita. Na rubovima je dosta korodiran. Svjež je. Ima pleohroizam $\parallel c$ = sivkastozelen, a okomito žućkast. $c \wedge Ng = 18^0$. Nosi uklopljena kvadratično prerezana zrna magnetita. Ima ga u izbrusku 3,5 vol%.

Piroksena ima vrlo malo. Na svježe očuvanim zrnima mogla se opažati njegova prizmatska kalavost i kut potamnjenja $c \wedge Ng = 42^0$; $2V = 60^0$. To je dakle *augit.* Na mnogo mjesta je istisnut od kalcita, koji se nalazi u njegovim oktogonalnim konturama. Ima ga oko 2 vol%.

Mjestimice nađe se i koje zrno *kremena,* zaobljeno od korozije i raspucano. Akcesorni su *apatit, cirkon* i *magnetit.*

Sekundarni su *kalcit,* koga ima do 2 vol%; *klorit,* koji ima mali dvolom u sivoplavkastoj boji i pozitivan u smjeru glavne osi, paralelno po-

tamni, a to su osobine *penina;* najzad u šupljinicama tufozna andezita nalazi se vrsta minerala, koji ima manji indeks loma od kanadskog balzama i manji dvolom od kremena; čini se, da je optički dvoosan s velikim kutom optičkih osi, osobine dakle *zeolita.* Ima ga u andezitu bliže rudnim žilama galenita.

Osnova je vrlo sitnozrna sa slabim znakovima fluidalne građe. Boje je svijetložućkaste. Ima u njoj mjestimice puno sitna crna praha, vjerojatno od magnetita.

Kemijske analize jednog primjerka iz okoline Zletova, a drugog nedaleko od Kunova, u izvornom području Zletovske rijeke, dale su ove rezultate:

	(Analit. *Dr. M. Ferić*) 1. Zletovo	(Analit. *Ing. V. Majer*) 2. Kunovo
SiO_2	56,08%	57,90%
TiO_2	0,88	0,86
Al_2O_3	17,05	15,53
Fe_2O_3	2,88	3,53
FeO	2,92	2,33
MnO	0,01	0,26
MgO	4,30	1,48
CaO	9,70	8,70
Na_2O	2,56	2,50
K_2O	2,54	2,94
P_2O_5	0,04	tr.
H_2O-110^0	0,29	0,46
H_2O+110^0	0,82	1,32
CO_2	—	2,24
	100,06	100,05

Nigglijeve vrijednosti	Zletovo	Kunovo
si =	158	203
ti =	1,9	2,3
p =	0,2	—
al =	28	32
fm =	31	24
c =	29	28
alk =	12	16
k =	0 40	0,44
mg =	0,58	0,31
qz =	—	+46

II. 4 (5). 4. 3 (4); II. 4. 3. (4). 3;

Kemizam: Dioritski / kvarcdioritski.

Poredujući te primjere s primjerima u *Trögeru* (11. p. 142) mogli smo utvrditi, da svojim normativnim sastavom stoje najbliže andezitu iz Hoyada, Catamarca u Argentinskim alpama. Treba naglasiti da, koliko god je bilo moguće odrediti kvantitativno pojedine utruske, toliko je kvantitativni sastav osnove ostao nepoznat. Pa, iako se nije mogao uporediti normativni i modalni sastav zbog biotita i amfibola, koji pri preračunavanju standardnih minerala ne dolaze u obzir, ipak nas normativne veličine i mikroskopska promatranja složno upućuju na zaključivanje, da te stijene pripadaju među andezite, odnosno andezito-dacite, kao odvjetke dioritske, odnosno kvarcdioritske magme. I Nigglijeve vrijednosti u obadva istražena primjerka, svojim $si < 225$, i manjim ali pozitivnim *qz,* kreću se u granicama vrijednosti neutralnih hipabisalnih i efuzivnih stijena dioritske svojte. Tip magme je normalni dioritski (kumbraitski).

2. *Sanidinski biotitski dacit.* U selu Dobrevu s lijeve strane Dobrevskog potoka nasuprot stanice rudničke žičare izdvaja se iz propilitizirana biotitskog amfibolskog andezita svježa efuzivna stijena poput glavice, koja ima promjer do 50 m i visinu nad potokom oko 30 m. Stijena je izrazito svijetlosiva s velikim utruscima sanidina, zrnastim kremenom i biotitom pravilna heksagonalna oblika.

Utrusci sanidina su razne veličine. Ima ih veličine 4 × 2 cm, 3 × 1,5 cm, 1 × 0,5 cm i mnogo manjih. Na plohi kalavosti (010) ima staklenu sjajnost. Vrlo je svjež. Biotit se lako kala i ispada iz stijene, ostavljajući pravilne udubine heksagonalne simetrije. Kremena ima mnogo i boje je slabo ružičaste.

U mikroskopskom izbrusku nalazimo sanidin obično kao sraslace po karlovarskom zakonu, koji su gotovo svagdje jednolično korodirani sa svih strana. Kut optičkih osi ima malen i negativan, 2 V = —13 do —18°. Nosi uklopljena zrna polisintetskih sraslaca plagioklasa. Oko sitnijih sanidina motrimo tanji ili deblji kaoliniziran rub, koji postepeno zalazi u sitnozrnu osnovu. Ima ga 4,88 vol%. To je dakako manje od prave količine u stijeni, jer nisu mjereni rjeđi i veliki utrusci.

Plagioklas je obično zonarno građen i na rubu korodiran poput sanidina. Ima u sastavu prosječno 40% an. Rjeđe smo se namjerili na individuum sa 36—37% an. To je dakle u glavnom andezin, rjeđe oligoklas među utruscima. I plagioklas ima često rub kaoliniziran. Mjerenjem je utvrđeno, da ga ima 16,11 vol%.

Kremen je veličine između 0,3—0,5 cm. Ima heksagonalne oblike, ali i korodirane uglove i bridove. Raspucan je i u pukotinama ima kalcita. Ima ga u stijeni 6,94 vol%.

Biotit je u idiomorfnim oblicima s baznim pinakoidom promjera do 0,7 cm. Pleohroitski je: ‖ Ng = tamnosmeđ, ‖ Np = žućkast. Nosi uklopljena magnetita. Ima ga u izbrusku 1,85 vol%.

Akcesorni su *magnetit* u obliku zrnastih nakupina, zatim *titanit*, pločast, i sekundarni *klorit* na rubovima biotita.

Osnova je jednolično sitno iskristalizirana. Sastavljena je pretežno od glinenaca i kremena, a ima i znatnije količine kalcita. Biotita ima vrlo malo, a magnetit je poput crna praha. Osnove ima 70,30 vol%.

Dobrevskoj stijeni je srodna stijena sa eruptivne gromade Zdravči-Kamen, oko sedam kilometara sjeverozapadno od Dobreva, na lijevoj strani Kratovske rijeke. Stijena je nešto tamnije boje, s manje velikih utrusaka sanidina, ali zato više sitnije zrnasta sanidina i biotita, nego što ih ima stijena u Dobrevu.

Sanidin je kao i u dobrevskoj stijeni, samo sa nešto širim kaoliniziranim rubom. Ima ga 3,20 vol%. To je dakako, kao i u gornjem primjeru, manje, jer nisu mjereni veliki utrusci. *Plagioklas* se razvio i polisintetski srastao i zonarno građen. Na osnovi dvadeset mjerenja na teodolitnom mikroskopu utvrđeno je, da ima sastav $Ab_{56}\,An_{44}$. To je andezin. Ima ga 26,50 vol%. *Biotita* ima 3,92 vol%. U dobrevskoj stijeni nismo našli *amfibola*, ali u ovoj ga ima vrlo malo, samo jedan ili dva utruska. Ima široke pukotine kalavosti i normalan dvolom.

Akcesorni su *apatit*, *magnetit* i koje zrnce pirita. Magnetita ima 2,60 vol% .

Osnova je jednolično sitnozrnasta. Ima je 64,12 vol%.

Kemijske analize stijene iz Dobreva i sa Zdravči–Kamena dale su ove rezultate:

	(Analit. *Dr. M. Ferić*) 3. Dobrevo	(Analit. *Ing. V. Majer*) 4. Zdravči-Kamen
SiO_2	64,39%	59,58%
TiO_2	0,20	0,44
Al_2O_3	14,73	18,17
Fe_2O_3	3,41	4,28
FeO	1,05	1,27
MnO	—	0,10
MgO	1,25	2,18
CaO	5,82	5,97
Na_2O	2,44	2,81
K_2O	2,35	2,92
P_2O_5	0,10	0,45
H_2O—110°	0,97	0,59
H_2O+110°	1,19	0,71
CO_2	2,12	0,85
	100,02	99,83

Nigglijeve vrijednosti

	Dobrevo	Zdravči-Kamen
si =	281	206
ti =	0,8	1,2
p =	0,3	—
al =	38	37
fm =	24	26
c =	21	22
alk =	17	15
k =	0,39	0,41
mg =	0,35	0,43
qz =	+131	+48

II. 3. (4). 3. 3. (4); II. 4. 3. 3. (4).

Kemizam: dioritski / granodioritski.

Iz normativnog sastava razabiramo, da ove stijene imadu izrazit salski karakter. One se nalaze na prijelazu između stijena s normativnim i modalnim kremenom, i sadržavaju više plagioklasa nego ortoklasa. U njima je napokon međusobni odnos alkalija gotovo jednak, u jednoj stijeni nešto više u korist natrija, u drugoj kalija. Modalni sastav nismo mogli uzeti u diskusiju, jer stijene sadržavaju biotita, amfibola i velikih utrusaka sanidina, pa preračunavanjem ne bi dobili stvarne vrijednosti.

Poređujući njihov normativni sastav s normativnim sastavom srodnih stijena u *Trögeru* 1. c. 11. p. 60 i p. 72) nalazimo, da su naše stijene iz Dobreva i sa Zdravči–Kamena najbliže na jednoj strani riodacitu 118, koji je efuzivni odvjetak granodiorita od Woods Point puta, Marysville, Victoria, čiji je kemizam granodioritski, i na drugoj strani dacitu od Kis-Sebesa 148, sa desne strane Körösa u Sedmogradskoj, čiji je kemizam kvarcdioritski/granodioritski. Kemizam naših stijena je dioritski/granodioritski. Razlika je samo u postotku biotita, koga ima u našim stijenama manje. Zato je bolje svrstati naše stijene među dacite, jer imaju više CaO, dakle i više bazičnijih plagioklasa iz skupine andezina, nego što ih imadu rioliti. Zbog toga smo ih pribrojili sanidinskom biotitskom dacitu.

3. *Labradoritski augitski andezit.* U zapadnom dijelu ovoga područja nalazimo gotovo sasvim crnu afanitsku stijenu poput manjih pokrova i izdanaka. Tako na primjer u selu Maričinu, nedaleko od Dobreva, zatim u potoku Kiselici, i napokon zapadno od ceste iz Probištipa u Kratovo, na Crvenom ridu i Garini. U stijeni poznamo golim okom samo po koji oveći kristalić glinenca, koji sa plohe kalavosti odbija mnogo svjetlosti. Ta je stijena zanimljiva zbog toga, što se ne samo bojom, nego i teksturom i strukturom jako razlikuje od prije opisanih stijena, iako je u njihovoj neposrednoj blizini. Ona se razlikuje od prije opisanih stijena i mineralnim sastavom, ali je s njima srodna svojim kemizmom. Zbog

toga ćemo navesti potanje i nekoja optička mjerenja pojedinih mineralnih sastavaka,[1] koja su bila potrebna, da stijenu što je moguće točnije klasificiramo.

U izbrusku pod mikroskopom zapažamo malo porfirski razvijenih glinenaca. Najviše ima štapićastih mikrolita plagioklasa, koji su gotovo istosmjerno orijentirani, zatim prilično zrnastog i rijetko idiomorfno razvitog augita, te zrnastog magnetita i mnogo guste sive osnove.

Plagioklasi se pojavljuju kao dvojci i komplicirani sraslaci. Utrusci imaju veličinu 2 × 1,5 mm i 1,5 × 1 mm. Ima ih i zonarno građenih. Često su korodirani toliko, da je od ranijeg sraslaca zaostalo samo malo nepravilno zrno. Mjerenjem na teodolitnom mikroskopu dobili smo ove podatke:

Zonarno građen dvojak.

Jezgra:

$D_{1/2} = 46^1/_2$ $60^3/_4$ $58^1/_4$ — ⊥ (010) — 89% an,
$2V_1 = -83^1/_2{}^0$.

Rub:

$D_{1/2} = 33$ 60 $79^1/_2$ — ⊥ (010) — 54% an, SW 6°;
$2V_2 = +72^0$.

$B_{1/2} = 66^1/_2$ 31 74 — $\frac{\perp [001]}{(010)}$ — 89% an, NO $^1/_4{}^0$.

Četvorak, na kome se moglo izmjeriti samo prvi par lamela.

$B_{1/2} = 37^1/_4$ $57^1/_2$ $71^1/_2$ — ⊥ (010) — 66% an, SW 7°;
$S_2 = 51$ $49^1/_2$ $63^1/_4$ — RS — 67% an, SW $^3/_4{}^0$
(iil — ⊥ (001) — 61% an, SO 2°).
sr. v. = $66^1/_2$ % an.

Mjerenje je izvršeno i na više mikrolita plagioklasa. Mjerenja su obavljana i na prerezima iz zone simetrijskog potamnjenja. Mikroliti su pretežno sraslaci dvojci.

1. $D_{1/2} = 32^1/_2$ 59 $78^3/_4$ — ⊥ (010) — 54% an, SW 7°;
$2V_1 = +80^0$.
$B_{1/2} = 63$ 61 $43^1/_4$ — [001] — 54% an, SO 3°;

2. $D_{1/2} = 33$ $60^1/_2$ $76^1/_2$ — ⊥ (010) — 57% an, WSW 4°,
$B_{1/2} = 60^1/_2$ 60 45 — ⊥ [001] — $53^1/_2$%;
sr. v. = 55% an.

3. $D_{1/2} = 39^1/_2$ 62 $64^1/_2$ — ⊥ (010) — 77% an, SO $^1/_2{}^0$,
$B_{1/2} = 70$ 29 $70^1/_2$ — $\frac{\perp [001]}{(010)}$ — 80% an
sr. v. = 78% an.

[1] Dio ovih mjerenja izvršio je *prof. Dr. Lj. Barić*, pa mu i ovdje zahvaljujem.

Mjerenje mikrolita plagioklasa u zoni simetrijskog potamnjenja dalo je, prema *Köhlerovom* dijagramu (12. Tab. IV), srednju vrijednost 57% an.

U sitnozrnastoj osnovi namjerili smo se i na glinence s vrlo niskom interferencijom. Mjerenja su pokazala, da je anortoklas. Takvo jedno dobro mjerenje dalo je:

$L_1 = 85^1/_2$ $6^3/_4$ $85^1/_2$ — ⊥ (001) — OSO 1°; $V_1 V_2 = -45^0$.
Anortoklas.

Prema podacima tih mjerenja možemo zaključiti, da je prosječni sastav utrusaka i mikrolita plagioklasa 55—65% an. U zonarno građenih individua povećava se postotak i do skoro 90% an. Ima također i mikrolitskih plagioklasa sa sadržajem do 80% an. Plagioklasi pripadaju dakle redu labradorita, odnosno labradorit-bitovnita.

U izbrusku od stijene iz sela Maričina dobili smo mjerenjem na integracionom stoliću 14,25 vol% utrusaka plagioklasa.

Piroksen se nalazi kao utrusak veličine 2,5 × 2 mm i manje od te veličine. Ima idiomorfnih sraslaca sa dvije, tri i četiri lamele, produljenih smjerom prizme. Najčešće je pak zrnast i okupljen u manje ili veće hrpe. Svjež je. Ima slabašnu žućkastu boju. Pukotine kalavosti su široke i sijeku se pod kutom približno 87°.

Mjerenje kuta potamnjenja u više individua iznosilo je: Ng ∧ [001] = 43°—45°. Kut 2V = + 56° i + $58^1/_2{}^0$. Indeks loma mjeren *Nikitinovom metodom* (13. p. 54.) je: n = 1,70. Dvolom Ng—Np = 0,0245. Prema tome monoklinski piroksen je *augit*. U stijeni ima 8,19 vol% augita.

Magnetit je zrnast, a često i kvadratična oblika. Ima ga u stijeni toliko, da osjetljivo djeluje na magnetsku iglu. *Apatita* ima uklopljena u glinencima i cirkona u augitu. Magnetita ima u stijeni 1,54 vol%.

Osnova je jednolično sitno iskristalizirana. Sastavljena je od plagioklasa, sitnozrna piroksena i magnetita u obliku praha. Osnove ima 76,0 vol%.

U izbruscima od stijene sa Crvenog rida i Garine vidimo rijetke stubaste utruske plagioklasa, a pretežno štapićaste mikrolite raspoređene fluidalno. Zatim idiomorfne sraslace piroksena i mnogo zrnasta piroksena, koji se okuplja također u manje ili veće hrpe. Napokon ima dosta magnetita.

Utrusci *plagioklasa* imadu prosječno 65% an, ali ih ima i sa više, do 74% an. Mikroliti plagioklasa su kiseliji, sa oko 55% an, kao i u prije opisanim stijenama iz Kiselice potoka i Maričina. Utrusaka plagioklasa ima 4,35 vol%.

Piroksen je slabo žućkaste boje. Potpuno je svjež. Pukotine prizmatske kalavosti sijeku se pod kutom blizu 90°. Kut potamnjenja mjeren na više lamela iznosio je: Ng ∧ [001] = 42°, 43°, 45°. Dvolom je:

Ng — Nm = 0,0189
Nm — Np = 0,0056, i uz 2V = + $57^1/_2{}^0$ iz Boldyreva
Ng — Np = 0,245;
Mjeren: Ng — Np = 0,0240.

To je dakle također monoklinski piroksen-*augit*. Ima ga u stijeni 8,28 vol%.

Magnetita ima mnogo, tako da djeluje osjetljivo na magnetsku iglu. Ima ga 4,22 vol%. Akcesorno ima *apatita* i *cirkona*, a sekundaran je *kalcit*.

Osnova je sastavljena od glinenaca, pretežno štapićastog habita i malo amorfne mase. Struktura je trahitoidna s prijelazima u intersertalnu. Osnove ima 83,10 vol%.

Kemijske analize uzorka stijene iz Kiselice potoka i sa Garine dale su ove rezultate:

	(Analit. *Ing. V. Majer*) 5. Kiselica pot.	6. Garina	Nigglijeve vrijednosti Kiselica pot.	Garina
SiO_2	53,38%	52,76%	si = 157	146
TiO_2	1,04	0,76	ti = 2,3	1,6
Al_2O_3	20,10	18,33	p = 0,5	0,1
Fe_2O_3	4,26	4,28	al = 35	30
FeO	1,39	4,62	fm = 26	36
MnO	0,18	tr.	c = 22	21
MgO	2,93	4,10	alk = 17	13
CaO	7,05	7,07	k = 0,44	0,35
Na_2O	3,19	3,03	mg = 0,49	0,46
K_2O	3,72	2,52	qz = −7	−4
P_2O_5	0,35	0,14		
H_2O−110°	0,99	1,09	II. 5. 3. 3.	II. 5. 3. (4). 4.
H_2O+110°	0,96	0,89	Kemizam dioritski.	
CO_2	0,64	0,61		
	100,18	100,20		

Nigglijeve vrijednosti pokazuju, da su ove stijene *si* siromašnije, a *c* i *alk* bogatije zbog baziènijih plagioklasa i prisustva alkalijskih glinenaca, anortoklasa, (ortoklasa?). I *k* kao i *mg* su povećani, i to *mg* zbog toga, što su pirokseni bogatiji u MgO, a siromašniji u FeO. Željezo je naime pretežno kao magnetit, koji je jako raspršen u stijenama. Parametri CIPW još pokazuju salski karakter stijena. One imadu samo normativni kremen, jer je količina SiO_2 blizu granice zasićenja baza. To se razabira i iz vrijednosti *qz*, koja je doduše negativna, ali malena. Treći i četvrti parametar pokazuju znatnije količine CaO i alkalija, i da su kalijski i natrijski oksidi jednaki, kao što to vidimo u svima analizama stijena ovoga užeg područja zletovsko-kratovske vulkanske oblasti.

Kad bismo te stijene klasificirali prema prirodi njihovih plagioklasa, koji imadu više od 50% an, tad bismo ih morali nazvati bazaltima. Tako *P. Niggli* dijeli bazalte od andezita po sadržaju anortitske supstance u plagioklasima. Stijene sa više od 50% an u plagioklasima vrsta među bazalte, a sa manje od 50% an među andezite. Ali bazaltima ih mi ne možemo nazvati zbog toga, što u svome mineralnom sastavu imaju mnogo više salskih nego femskih komponenata. One su vrlo blize na primjer labradoritskom andezitu *Iddingsa* (l. c. 11. p. 150), dakle andezitu s utruscima labradorita i labradorit-bitovnita, ma da svojim povećanim alkalijama naginju k leukokratnim tipovima trahiandezita, po *Ransomu* latita (l. c. 11. p. 119), t. zv. augitlatita, dakle stijena monconitskog tipa, prelaznih stijena između kalcijsko-alkalijske i alkalijske svojte stijena.

One bi po tome bile srodne do neke mjere i kožufskim prelaznim stijenama (14), koje međutim imaju još veći postotak alkalija, naročito kalija. Po manjoj količini alkalija, naročito pak kalija, razlikuju se opet od serije trahit-kajanita između Bregalnice i Vardara. Mi smo ih konačno ipak uvrstili među andezite i nazvali *labradoritski augitski andeziti*.

Da smo ih tako morali nazvati, bio je tome razlog njihov kemizam, zatim jednostavni mineralni sastav, zbog koga je normativni i modalni sastav ovih stijena jednak. Oni su pak pouzdani oslonci za njihovu klasifikaciju. Iz kemijskih analiza proračunali smo dakle najbliži mineralni sastav, uzevši da su plagioklasi labrodoriti sa 55—65% an. Takav je naime prosječni sastav plagioklasa, i utrusaka i mikrolita. Mjerenja na integracijskom stoliću pokazala su, da u stijeni iz Kiselice potoka ima ukupno 24 vol% utrusaka, od toga okruglo 14,5 vol% glinenaca; u stijeni pak sa Garine ukupno 14 vol%, od toga oko 5 vol% plagioklasa. Osnove ima u prvoj stijeni 76 vol%, a u drugoj 83 vol%. Ostalo do 100 vol% otpada na magnetit i druge akcesorne i sekundarne minerale. Preračunavanjem sastava osnove, uzevši normativne količine komponenata u račun, dobili smo u prvoj stijeni okruglo 67,5%, a u drugoj 70% glinenaca u osnovi. Za piroksen smo dobili samo u drugoj stijeni oko 4% u osnovi. Ostalo je bio kremen, magnetit i apatit. Prema tome smo dobili preračunavanjem i uteznih i volumnih procenata oko 75—80% salskih i 20—25% femskih komponenata u obadvije stijene. Još treba dodati, da je odnos plagioklasa u osnovi i utrusaka prema alkalijskim glinencima, anortoklasu i ortoklasu, u prvoj stijeni 2 : 1, a u drugoj 3 : 1. Odnos dakle salskih prema femskim komponentama u ovim stijenama je okruglo $^6/_8 : ^2/_8$, čak i nešto više u korist salskih komponenata.

Na osnovi tih podataka možemo uvrstiti naše crne afanitske tipove stijena iz Maričina, Kiselice potoka, sa Crvenog rida i Garine među andezite. Istaknuti petrografi, kako kaže *F. Grout* (15. p. 92), *Rosenbusch*, *Pirsson*, *Daly*, smatraju bazaltima stijene sa olivinom, a andezitima bez olivina. Washington ih pak dijeli prema postotku t. zv. »mafic« minerala, i stijene sa više od 50% takvih mineralnih sastavaka uvršćuje među bazalte, a sa manje među andezite. Dioba je njihova mjestimice vrlo teška, jer, kako *Daly* kaže, bazalti i andeziti dolaze često tako blizu jedni drugima, da ih je teško dijeliti. Većina pak američkih petrografa pribraja afanitske tipove s andezinom k andezitima, a s labradoritom, bitovnitom, k bazaltima. *G. W. Tyrrell* (16. p. 125) ih razlikuje kvantitativno, na osnovi količine »felsic« i »mafic« mineralnih sastavaka. U andezitu čine felsic minerali $^5/_8$, a mafic minerali $^3/_8$ stijene; u bazaltu je njihov odnos 1 : 1. U andezitu je osim toga plagioklas pretežan sastojak, a alkalijski glinenci u podređenim količinama. Tyrrell smatra najzad za gornju granicu kremena u andezitu 10%.

Mi smo prema tome svrstali naše stijene, bez obzira na srednji modalni sastav plagioklasa, na osnovi više nego $^5/_8$ felsic minerala, među andezite, i nazvali ih labradoritski augitski andeziti. Oni su efuzivni članovi dioritske svojte stijena, koje su postale iz iste magme, iz koje su postali i amfibolski biotitski andezit i sanidinski biotitski dacit ovoga užeg i najistočnijeg dijela velike zletovsko-kratovske vulkanske oblasti.

B) PETROKEMIJSKI I GENETSKI DIO

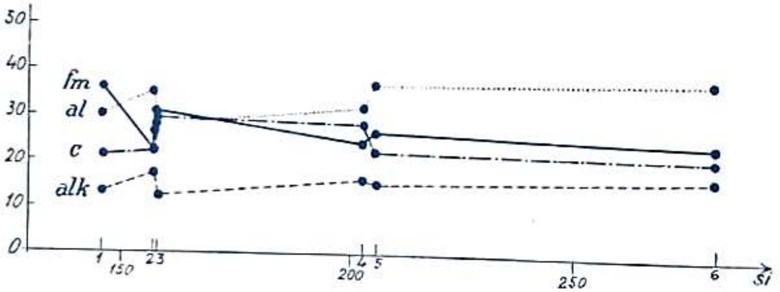
Premda su ove efuzivne stijene na tako malom području i uskom međusobnom dodiru različna mineralnog sastava, one su kemizmom vrlo srodne. To je uostalom značajna osobina čistih i prelaznih tipova čitave svojte andezitskih stijena. Ali mi možemo već u ovom užem vulkanskom području između Zletova i Kratova razlikovati tri tipa stijena, neutralni i kiseli, čiji se normativni i modalni sastav razlikuju, jer stijene sadržavaju amfibola, biotita i sanidina kao velike utruske, i bazičniji tip, u kome su normativni i modalni sastav jednaki, jer su standardni mineralni sastavci i stvarni sastavci stijena. Prvom i drugom tipu pripadaju

Tabela 1.

Niggljieve vrijednosti i tip magme

	si	al	fm	c	alk	k	mg	Magma
1. Garina	146	30	36	21	13	0,35	0,46	Normalna dioritska
2. Kiselica potok	157	35	26	22	17	0,47	0,49	Normalna dioritska
3. Zletovo	158	28	31	29	12	0,40	0,58	Kumbraitska (norm. dioritska)
4. Kunovo	203	32	24	28	16	0,44	0,31	Kumbraitska (norm. dioritska)
5. Zdravči-Kamen	206	37	26	22	15	0,41	0,43	Leukotonalit. / leukopeleitska
6. Dobrevo	281	38	24	21	17	0,39	0,35	Leukotonalit. / leukopeleitska

amfibolski biotitski andezit i sanidinski biotitski dacit, a trećemu labradoritski augitski andezit. Njihovu genetsku povezanost vidimo i iz tipa magme, iz koje su postali (17. p. 349), i iz *Niggljievih vrijednosti*, (Tabela I) osnovi kojih smo konstruirali njihov varijacijski dijagram. (Sl. 1.)



Sl. 1.

Iz varijacijskog dijagrama razabiramo, da je diferencijacijsko područje široko, s rasponom *si* vrijednosti za 135 jedinica. *al* varira između 28—38, *fm* između 24—36, *c* između 21—29, *alk* između 12—17. Osim toga vidimo u dijagramu, da se parovi analiza, 1 i 2, 3 i 4, 5 i 6 odvajaju međusobno malim skokovima, kojih sigurno ne bi bilo, kad bismo imali više analiza i uzeli srednje vrijednosti za konstrukciju krivulja *al*, *fm*, *c*

i *alk*. Međutim i iz ovoga varijacijskog dijagrama vidimo, da krivulje imadu općenito vrlo lagano padanje i dizanje, a to je značajno za široko područje neutralnih i prelaznih tipova eruptivnih stijena kalcijsko-alkalijske svojte.

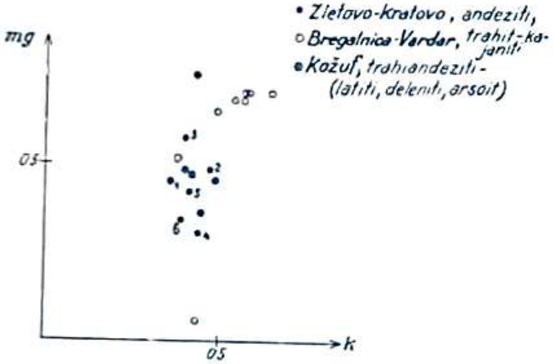
Na osnovi tih vrijednosti možemo već u magmi ovoga užeg vulkanskog područja razlikovati dvije diferencijacijske tendence. Jednu, koja se očituje povećanjem *si*, *al* i *alk*, čiji je rezultat postanak sanidinskog biotitskog dacita Dobreva i Zdravči–Kamena, i drugu sa znatnijim povećanjem *c* i *fm* i s izofalijom kod *al* 30 *fm*, koju predstavljaju izrazitije amfibolski biotitski andezit Zletova i Kunova, a manje izrazito labradoritski augitski andezit iz Maričina, Kiselice potoka, sa Garine i Crvenog rida. Te su stijene alkalijama relativno bogatije, jer im je $alk > 2/3\, al$, ali i bogatije kalijem, jer imaju $k \geqq 0,40$; napokon u njima je omjer $Na_2O : K_2O$ gotovo jednak 1 : 1. To ih veže i sa stijenama prelaznog tipa, koje su postale iz dioritsko-monconitske i granodioritske magme.

Moramo se međutim zaustaviti na vrijednosti *c* u ovim stijenama zbog pitanja porijekla kalcita u njima. Sve analize naime, izuzevši onu jedinu od amfibolskog biotitskog andezita iz Zletova, pokazuju znatnije količine CO_2, koje ima 2,24%, na primjer u sastavu stijene iz Kunova. Postavlja se pitanje: da li je sav CaO magminskog porijekla, pa da prema tome i sav uđe pri preračunavanju u vrijednost *c*, ili je samo djelomično magminski, a djelomično sekundaran, na primjer iz drugih stijena, moguće i karbonatskih stijena sa površine, odakle je donesen u stijenu? Mikroskopskim istraživanjem mogli smo doista utvrditi, da je samo jedan dio kalcita genetski vezan za promjene u plagioklasima, dok je drugi dio, u pukotinama i šupljinama među mineralnim sastavcima, unesen s površine, odnosno sa strane. Jer i uz sasvim svježe plagioklase s oštrim kristalografskim konturama i jasnim pukotinama kalavosti ima kalcita, koji smo mogli izmjeriti na integracijskom stoliću. Tako smo na primjer u izbrusku stijene iz Kunova izmjerili 2 vol% kalcita. Ali se mora odmah napomenuti, da nije moguće kvantitativno točno razlikovati kalcit s magminskim CaO od kalcita unesenog izvana u stijenu. A pogrešno bi sigurno bilo, kad bi sav CaO uzeli kao magminski, upravo tako, kao i da je sa površine, odnosno sa strane. Pažljivim promatranjem u izbruscima nastojali smo ipak razlikovati kalcit u šupljinama od onoga u samim plagioklasima, pa smo u dvije stijene približno polovicu kalcita izdvojili, kao da je s površine, a polovicu s magminskim CaO. Zbog toga su nastale pri preračunavanju Niggljievih vrijednosti *c* u sanidinskom biotitskom dacitu iz Dobreva i amfibolskom biotitskom andezitu iz Kunova korekture te vrijednosti. Korektura pak vrijednosti *c* uzrokovala je i korekture ostalih vrijednosti, ali najviše za jednu ili dvije jedinice, osim za vrijednost *si* u stijeni iz Dobreva, koja se povećala za 14 jedinica.

Kad bismo sav CaO uzeli kao magminsku komponentu, tad bi u varijacijskom dijagramu na mjestima projekcija analiza stijena iz Dobreva i Kunova nastali anomalni skokovi i prijelomi krivulje *c*, koje bi bilo teško objasniti, odnosno shvatiti kao diferencijacijsku tendencu u magmi, iz koje su postale kemijski tako blize efuzivne stijene.

U dijagramu *k* — *mg* (sl. 2) opažamo lagano kolebanje vrijednosti *mg* i dosta stalnu vrijednost *k*. Projekcije analiza zauzimaju područje dijagrama kalcijsko-alkalijskih, dijelom i prelaznih stijena.

Na osnovi tih podataka moguće je, iako još s malim brojem analiza, izvršiti ipak u krupnim crtama prethodno upoređivanje magmatizma ovoga najistočnijeg dijela velike zletovsko-kratovske vulkanske oblasti s magmatiznom njegova najzapadnijeg dijela, između Bregalnice i Vardara, kao i s magmatizmom podalje na jugu, na desnoj strani Vardara, u području Kožufa. Efuzivne stijene u užem području oko Zletova i Kratova postale su iz dioritske, kumbraitske i leukotonalitske/leukopeleitske magme, naginjući vrlo malo k tipovima stijena, koje postaju iz dioritsko-monconitske magme, a to se razabira iz povećanih vrijednosti *alk* od 12—17, i $k \geqq 0{,}40$. Po tome dakle one naginju više k tipovima



Sl. 2.

magmi, iz kojih su, po *C. Burriu i P. Niggliju* (18. II. p. 153.154), postale neke između kožufskih stijena, nego prema onima između Bregalnice i Vardara, koje su postale iz pravih kalijskih magmi, granosijenitske, šonkinit-kajanitske i šonkinitske magme. Od jednih i drugih pak razlikuju se naše stijene veličinom *c*, koja je uvijek > 20, katkad do 30, dok je ona u kožufskih stijena između 10—20, a u trahita i kajanita između Bregalnice i Vardara oko 20, rijetko kada više. Također je i *al* u naših i kožufskih stijena veći nego u trahita i kajanita, osim njihovih jako kiselih članova, latita, s velikim *si*, analogno našim sanidinskim biotitskim dacitima od Dobreva i sa Zdravči–Kamena. Ovo upoređivanje dovodi nas do zaključka, da su u najistočnijem dijelu velike zletovsko-kratovske vulkanske oblasti postali tipovi kalcijsko-alkalijskih stijena s malim naginjanjem k alkalijskima, upravo kalijskim prelaznim stijenama, kakve nalazimo na Kožufu, dok je u području između Bregalnice i Vardara došlo do postanka pravih kalijskih stijena.

Zanimljiva je s obzirom na to jedna analiza kajanitske stijene sa Kurešničke Kraste kod Demirkapije. Ona se razlikuje dosta svojim *si* vrijednostima od kajanita između Bregalnice i Vardara, ali i od ostalih analiziranih stijena sa same Kurešničke Kraste. *F. Tućan* (19. p. 82) opisuje ovu tamnosivu i zrnastu stijenu, napominjući uz ostalo, da je vrlo svježa. To je ona stijena, što je navode *C. Burri* i *P. Niggli* pod br. 8 (l. c. 18. II. p. 154), i za nju kažu, da je raniji kajanit, koji je promijenjen primanjem tuđeg materijala bogatog na SiO_2. Dakle, magma iz koje je postao taj kajanit primila je asimilacijom, kontaminacijom, neki tuđi materijal u tolikoj količini, da se to u tom kajanitu jasno odrazilo i u njegovim Nigglijevim vrijednostima. Tako se na pr. *si* vrijednost u tome kajanitu povećala, prema ostalim analiziranim uzorcima kajanita sa Kurešničke Kraste, za 20—30 jedinica.

Asimilaciju, odnosno kontaminaciju, smatraju mnogi petrografi važnim fizičko-kemijskim procesom, koji dovodi do promjene kemizma magme upravo tako, kao i sama kristalna diferencijacija magme. *P. Corbin* i *N. Oulianoff* (20) smatraju granitizaciju kontaminacijskim procesom, na osnovi proučavanja promjena enalogenih uklopaka (anklava) protogina Mont Blanca. *P. I. Lebedev* (21) čak zaključuje, pri proučavanju petrometalogenih pojava na Kavkazu, da je bio potreban duži vremenski period za postanak kontaminacijskih diorita nego za postanak gabrodiorita. *F. Kossmat* (l. c. 4. p. 133 i 147) piše također, da su naše trahitske i andezitske stijene u zletovsko-kratovskoj vulkanskoj oblasti dobile svoj salski, pacifički karakter od tuđih materijala, što ih je magma otopila i asimilirala. *J. Tomić* (22. p. 131) drži vjerojatnom hipotezu, da je granulitski gabro okoline Štipa produkt endomorfizma, koji je »izazvan u granitskoj magmi asimilacijom kakve sedimentne stene«. On spominje lapore i laporaste vapnenjake, koji se nalaze na kontaktu s granitom, koji bi mogli biti takav tuđi materijal za asimilaciju. Iscrpnije se zabavio tim pitanjem *G. Wilson* (23. p. 25—32) pri petrološkom proučavanju područja Brzeće na Kopaoniku. On je diskutirao mogućnost asimilacije, odnosno kontaminacije, tuđih materijala u magmi, iz koje je postao tamošnji granodiorit. Wilson drži, da je magma mogla primiti za vrijeme intruzije vapnenjak ili krečnjak zbog toga, što je mala vjerojavnost, da bi se kalcijska komponenta mogla samom čistom kristalnom diferencijacijom toliko koncentrirati, koliko se koncentrira na primjer Fe- i Mg-komponenta. On je pokušao i računski pokazati, da bi magma, iz koje je postao kopaonički granodiorit, mogla dobiti takav kemizam asimilacijom 51% sedimentnog materijala. Najzad i *M. Tajder* (l. c. 14. p. 216) je, diskutujući o genezi vulkanskih stijena Kožufa, došao do zaključka, da su za postanak magmine taljevine tipa kožufskih stijena i asimilacija i kristalna diferencijacija, sa znatnijom mogućnošću reakcija, naučno jednako vrijedne.

Dakle, asimilaciju, odnosno kontaminaciju, kao i magminu diferencijaciju možemo smatrati fizičko-kemijskim procesom, koji je mogao dovesti i do razvitka magminog tipa, iz koga su postale još petrokemijski neistražene intruzivne, a u priličnoj mjeri poznate efuzivne stijene velike vulkanske oblasti istočno od Vardara. Jer, uklopci (anklave) u našim

efuzivnim stijenama između Zletova i Kratova, kao i u trahitima i kajanitima između Bregalnice i Vardara, o kojima J. Tomić piše (l. c. 7. p. 37) »da se kao uklopci u njima sretaju komadi istorodne stene, komadi gabra i zrna kremena«, pokazuju, da je magmina taljevina zaista došla u kontakt s nekim tuđim stijenama, čije je odlomke sobom ponijela i na površinu, ali koje je, vjerojatno je, dijelom ili potpuno asimilirala, promijenivši time i njihov i svoj kemijski sastav. Treba naročito istaknuti, da je asimilacija vapnenjaka ili krečnjaka mogla dovesti do povećanja količine magnetita i piroksena, kao i povećanja anortitske supstance u

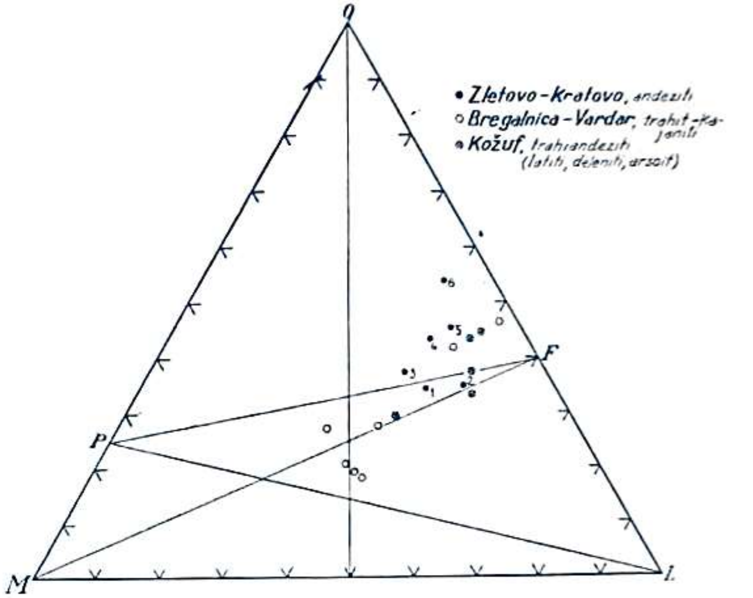
Tabela II

		Q	L	M	π	k
Zletovo-Kratovo	1. Garina	34,6	41,6	20,8	0,39	0,35
	2. Kiselica potok	34,9	50,5	14,6	0,35	0,47
	3. Zletovo	37,6	40,2	22,2	0,40	0,40
	4. Kunovo	43,6	41,0	15,4	0,33	0,44
	5. Zdravči-Kamen	45,5	43,6	10,9	0,42	0,41
	6. Dobrevo	53,9	37,8	8,3	0,38	0,39
Bregalnica Vardar	Kurel kod Malina	18,0	42,9	39,1	0,12	0,65
	Vujevska Kosa	19,1	41,1	39,8	0,09	0,58
	Sveta Petka	20,7	39,0	40,3	0,06	0,57
	Bazalt, Gradište	27,2	40,8	32,0	0,14	0,54
	Latit, Venac (stakl.)	41,8	45,5	12,7	0,08	0,38
	Latit, Venac (afanit.)	46,1	50,7	3,2	0,11	0,44
Kurešnička Krasta	Nr. 3.	27,0	33,0	40,0	0,26	0,57
	Nr. 8.	32,7	28,4	38,9	0,17	0,55
Kožuf	Bazalt, Bare	29,0	42,8	28,2	0,32	0,43
	Arsoit, Kravica	33,0	53,0	14,0	0,13	0,49
	Latit, Tumba	37,7	50,3	12,0	0,22	0,45
	Lat. delenit, Blaca	43,3	47,4	9,3	0,25	0,42
	Delenit, Momina Čuka	44,8	48,9	6,3	0,21	0,40[2]

plagioklasima. I ako sa te tačke promatramo naše efuzivne stijene između Zletova i Kratova, tad vidimo, da se evolucija magme mogla izvršiti i asimilacijom, odnosno kontaminacijom tuđe tvari, ne odričući i kristalnoj diferencijaciji njezin udio. Jer, s jedne strane u našim andezitima i dacitima ima inverzno zonarno građenih plagioklasa, čiji postanak možemo vezati ili za asimilaciju kalcijske kompomente izvana, ili za difuziju kalcijske komponente iz magmine taljevine. A takav je proces moguć, dok je magmina taljevina još jako pokretna, i kad tuđi materijali lakše u njoj tonu i otapaju se, mijenjajući njezin kemizam. S druge pak

[2] Preračunavanje *Nigglijevih vrijednosti*, kao i veličina QLM i π izvršili smo na velikom broju izabranih analiza eruptivnih stijena iz naše cijele države. Između njih smo odabrali sada samo neke iz serije trahit-kajanita Bregalnice i Vardara, kao i sa Kožufa. Uporedivanje sa stijenama iz velike zletovsko-kratovske vulkanske oblasti ne će biti potpuno, dok ona cijela ne bude pokrivena dobrom mrežom kemijskih analiza. To smatramo zadaćom jednog posebnog rada.

strane, naš labradoritski augitski andezit ima znatnije količine magnetita i augita, ali i plagioklasa s većim postotkom anortitske supstance. I kako u toj stijeni nema uklopaka (anklava), moguće je, da je ona zaista iz većih dubljina, gdje je asimilacija vapnenjačkog materijala bila dokončana, i magma postala bogatija kalcijskom komponentom. Međutim i povećane količine alkalija, aluminija i magnezija u labradoritskom augitskom andezitu govorile bi za asimilaciju ne samo vapnenjačkog, nego i drugog, moguće glinovitog materijala.



Sl. 3.

Sve to dovodi do zaključka, da moramo pri daljem proučavanju obratiti pažnju uz efuzivne još i intruzivnim stijenama, dakle vulkanizmu i plutonizmu u jednakoj mjeri u tim krajevima, ali i uklopcima (anklavama) tuđih stijena, koje su, sigurno je, i same, kao i magma, pretrpjele promjenu kemizma, time dakako i mineralnog sastava.[3]

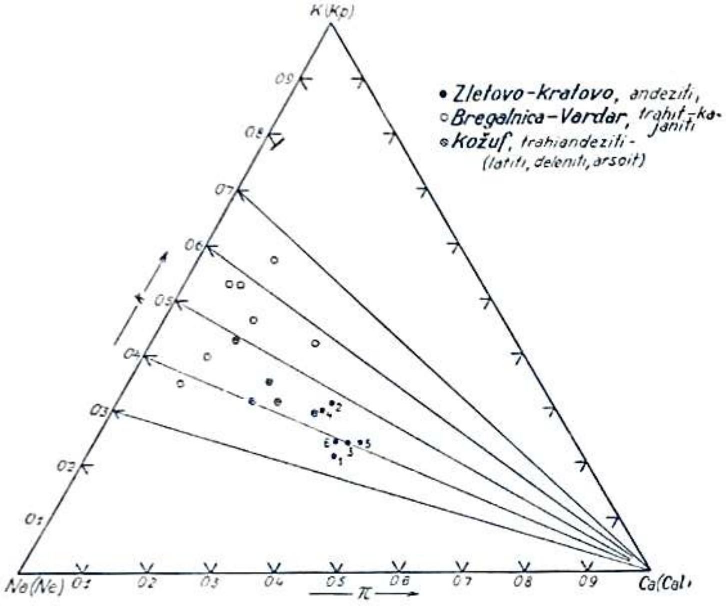
Da još dopunimo prethodno uporedivanje kemizma efuzivnih stijena iz užeg područja između Zletova i Kratova sa stijenama serije trahit-kaja-

[3] Mi smo dosada izvršili kvantitativne kemijske analize i optičko proučavanje na dva uklopka (dvije anklave) sa Konjarevskog brijega, nedaleko od rudnika u Dobrevu, bliže Zletovu. Ova su ispitivanja pokazala zanimljive promjene u mineralnom sastavu i kemizmu ranijih škriljastih stijena, koje je magma otkinula od njihove matične stijene, ponijela i promijenila ih. Nastali su novi minerali kao klorit i opacitski magnetit u anklavama. Kemizam uklopaka je vrlo bliz kemizmu stijena, koje postaju iz granodioritske magme. O njima ćemo pisati u posebnoj radnji.

nita između Bregalnice i Vardara, te s nekim stijenama sa Kožufa, donosimo i veličine Q L M, π i k (Tabela II) i u trokutima (Sl. 3 i 4) po *P. Niggliju* (l. c. 18. I. p. 95 i 96).

Napominjemo, da su Q, L, M i π veličine izračunate iz Nigglijevih vrijednosti si, al, c, alk. Zato će one biti nešto različne od istovrsnih vrijednosti kad ih preračunavamo iz t. zv. bazisa.

U Q L M trokutu nalaze se projekcije stijena najistočnijeg dijela velike zletovsko-kratovske vulkanske oblasti pretežno u području kalcijsko-



Sl. 4.

alkalijske, odnosno pacifičke svojte, ali i u prelaznom području k alkalijskim tipovima, zapravo već u području mediteranske svojte stijena, čiji su predstavnici trahit-kajaniti između Bregalnice i Vardara. Projekcije pak labradoritskog augitskog andezita padaju s nekim stijenama Kožufa ispod linije P F, koja predstavlja graničnu liniju između beskvarcnih i kvarcnih stijena. Međutim ovu liniju mogu prekoračiti i stijene pacifičke svojte (*Niggli*, 18. p. 79).

U π -k trokutu vidi se jasnije njihova razlika, ali i povezanost, jer projekcije analiza tih efuzivnih stijena u Makedoniji pokrivaju djelomice područje kalcijsko-alkalijskih, a djelomice kalijskih stijena, s projekcijama stijena sa Kožufa među njima.

Kad bismo pak pokušali objasniti tok magminih pokreta i postanak rudnih pojava u području između Zletova i Kratova, morali bismo pomišljati na takvu iskonsku magmu, koja se diferencirala i prostorno

smjestila također bliže ruba Rodopske mase, gdje je još mlada tercijarna orogeneza dala tektonski pravac i plutonizmu i vulkanizmu, dakle pravac sjeverozapad-jugoistok, dinarski pravac, u koji pada i žilni sistem mineralizacije (orudnjenja) toga užeg područja. Prema prostornom rasporedu tih efuzivnih stijena vidimo već sada neku pravilnost, da se naime u toj velikoj vulkanskoj oblasti od Vardara na istok nalaze neutralne i kisele, alkalijama siromašnije stijene istočnije, bliže Rodopskoj masi, a bazičnije, alkalijama bogatije dalje od Rodopske mase, zapadnije, u području Vardarske potoline.

Pa i sam vulkanizam nije bio u toku vremena svagdje jednake žestine. U užem području između Zletova i Kratova postali su amfibolski biotitski andezit i sanidinski biotitski dacit za žestokih erupcija, eksplozivno, a labradoritski augitski andezit vjerojatno polaganim izbijanjem magme iz većih dubljina na površinu. Andezit i dacit s mnogo tuđih uklopaka (anklava) škriljastih stijena, pa tufne efuzivne stijene postali su žestokim erupcijama, a u njihovom subvulkanskom dijelu, bliže površini, izvršila se sericitizacija, kaolinizacija i piritizacija, zatim promjena kemizma, a djelomice i mineralnog sastava uklopaka (anklava), te najzad odlaganje sulfidnih olovnih i cinčanih ruda u njima. Labradoritski augitski andezit pak s felsofirskom osnovom, koja je značajna za iskristalizirane tipove dublje pod površinom, i trahitoidno-intersertalnom strukturom, koja je značajna za polagane površinske izlive lava, postao je za mirnije faze efuzija. Vulkanske erupcije su se vršile dakle u uzastopnim fazama, u tri glavne faze. Prva, jako eksplozivna faza, pri kojoj je postao amfibolski biotitski andezit s mnogobrojnim uklopcima (anklavama) škriljastih stijena i moćne naslage njegovih tufova. Druga faza, pri kojoj je sanidinski biotitski dacit izbio i na samu površinu, praćen mineralizacijom sulfidnim rudama. Treća, završna faza, koja je bila mirnija, pri kojoj je postao polaganim izlijevanjem labradoritski augitski andezit.

U vezi s ovim promatranjima stoji i pitanje starosti efuzivnih stijena ovoga područja između Zletova i Kratova. *J. Tomić* piše, da je cijeli prostrani vulkanski teren na lijevoj strani Vardara »... stvoren u toku jednog eruptivnog perioda, ali u kome je posigurno bilo više faza vulkanskih akcija«. Da je bilo više faza efuzija pokazala su i naša promatranja i proučavanja. *Tomić* je osim toga pokušao točnije odrediti u Zletovskom kraju i početak vulkanske djelatnosti, pa mu je to i uspjelo. On je utvrdio, da vulkanske stijene i tufovi ovoga dijela prostrane vulkanske oblasti leže preko gombertskih slojeva srednjeg oligocena, pa su prema tome erupcije započele poslije srednjeg oligocena.

Što se tiče pak trajanja vulkanske djelatnosti, bila je ona živa kroz cijeli neogen. Naša promatranja u ovom najistočnijem dijelu velike vulkanske oblasti dovode do zaključka, da su sanidinski biotitski dacit i labradoritski augitski andezit probili kroz naslage tufova amfibolskog biotitskog andezita. Kod sela Maričina nedaleko od rudnika u Dobrevu čini se, da je efuzijom labradoritskog augitskog andezita presječen i vjerojatno razoren i rudni žilni sistem sjeverozapadnije od Dobreva. O tome će se moći više raspravljati na osnovi podataka praktičnih rudarskih

radova, koji će se vršiti u nastavku rudnih žila na desnoj strani Dobrevskog potoka. Labradoritski augitski andezit bi prema tome bio član posljednje, najmlađe efuzivne faze u rudnom pojasu između Zletova i Kratova.

S obzirom na pitanje prestanka vulkanske djelatnosti u ovoj prostranoj oblasti istočno od Vardara pružio je *V. Radovanović* (23) uvjerljivih dokaza, na osnovi metodički izvršene geomorfološke analize, da je efuzivna djelatnost trajala još u mlađem neogenu, pliocenu. On je proučio pokoševsku vulkansku pojavu na ulazu Vardara u Tavorsku klisuru, i utvrdio, da je to jedan sublakustrijski uložak bazaltno-trahitne lave, koja se izlila u jednoj od faza dugotrajnog pliocenskog jezera srednjeg dijela Vardarske potoline. Vjerojatno je, da je to upravo posljednja, završna faza vulkanske djelatnosti istočno od Vardara. Da li su pak erupcije labradoritskog augitskog andezita, kao posljednjeg izliva lave u užem području između Zletova i Kratova, sinhrone s pokoševskom efuzijom, ostaje još otvoreno pitanje.

Na osnovi dosadašnjih istraživanja možemo dakle zaključiti, da su se neutralne i kisele, alkalijama siromašnije magme izlile istočnije u toj velikoj vulkanskoj oblasti, bliže Rodopskoj masi, a bazične alkalijama bogatije magme zapadnije u samoj Vardarskoj potolini. Dakle magmatizam se u toj prostranoj oblasti prostorno i vremenski mijenjao, jer se stariji andeziti i daciti nalaze u istočnom području, prema Zletovu i Kratovu, a mlađi bazalti, odnosno trahit-kajaniti, u zapadnom području, od Kumanova i Tavorske Klisure, duž Ovčeg polja, pa daleko na jug do Kurešničke Kraste blizu Demirkapije. U najistočnijem području te velike vulkanske oblasti nalaze se dakle stijene alkalijsko-kalcijske, pacifičke svojte, srodnije do neke mjere stijenama na Kožufu, koje se nalaze na prijelazu k pravim alkalijskim, kalijskim stijenama mediteranske svojte, čiji su tipski predstavnici trahit-kajaniti između Bregalnice i Vardara sve do Kurešničke Kraste blizu Demirkapije. Po rasporedu rudnih pojava u pojasu između Zletova i Kratova vezan je ovaj vulkanizam genetski za alpinotipne orogene pokrete i u ovom dijelu Makedonije.

Ostaje međutim otvoreno pitanje, da li su te efuzivne stijene najistočnijeg i najzapadnijeg dijela vulkanske oblasti istočno od Vardara postale iz iste magme, i kakav je s obzirom na to njihov odnos prema efuzivnim stijenama Kožufa. Isto tako bit će potrebno odgovoriti, da li su sve te stijene produkt same kristalne diferencijacije magme, ili i asimilacije, odnosno kontaminacije tuđih materijala, i u kojoj mjeri.

O tome će se dakako moći više diskutirati i zaključivati tada, kad sve efuzivne stijene te prostrane zletovsko-kratovske vulkanske oblasti istočno od Vardara budu u cjelini mineraloško-petrografski i petrokemijski poznate i proučene.

A da još potpunije zagledamo u prostornu i vremensku, kao i tvarnu evoluciju magmatizma tih krajeva, bit će potrebno osim efuzivnih proučiti na isti način i intruzivne stijene, i tek tada ćemo dobiti dobru

osnovu za širu i dublju diskusiju o magmatizmu ne samo tih južnih dijelova Jugoslavije, nego i cijelog istočnog područja oko Sredozemskog mora.

Rudnu paragenezu u području Dobreva, kod Zletova, proučavao je u reflektiranoj polariziranoj svjetlosti prvi *St. Pavlović* (24). On drži, da su te rude u eruptivnoj stijeni bar djelomično metasomatske. Za oksidacijski pojas kaže da je erozijom posve uništen. Poslije njega piše o tom rudnom kraju *G. Bončev* (l. c. 5), i navodi minerale i sva mjesta u okolini Zletova i Kratova, gdje ima rudnih pojava.

Mi ćemo samo dopuniti njihove podatke, jer su nam rudarski radovi u rudniku Dobrevo omogućili da zagledamo tačnije u građu rudnih žila i njihov prostorni položaj.

U području rudnika Dobrevo nalazimo niz paralelnih rudnih žila (vidi petrografsku kartu sa rudnim pojavama kod Dobreva), koje se protežu smjerom od jugoistoka prema sjeverozapadu i strmo upadaju prema sjever-sjeveroistoku. Žile su dublje usječene Dobrevskim potokom i njegovim pritocima, Šibinskim i Kiževskim potokom, a kod Lesnova Lesnovskim potokom, odnosno Gavričkim dolom. One se nalaze u propilitiziranom andezitu, odnosno dacitu, u kome ima u blizini žila uprskana pirita i galenita sa sfaleritom u obliku malih gnijezda.

Rudne žile su mjestimice kompaktne, a mjestimice razgranate. One su dosta simetrično građene, s tanjom prevlakom od galenita i siderita prema propilitu, i gustim čistim krupnokristaliziranim galenitom u sredini žile, gdje još ima i manjih ili većih odlomaka propilitizirane efuzivne stijene impregnirane istovrsnim sulfidima. U šupljinama žila nalazimo prevlake od siderita i barita, na kojima su mjestimice prirasle druze lijepih i pravilno razvijenih kristala barita i galenita. Mjestimice ima i halkopirita, koji je uklopljen u sideritu i galenitu.

Amfibolski biotitski andezit i biotitski sanidinski dacit su propilitizirani do znatnih dubljina, a amfibolski biotitski andezit i na velikim površinama. Sulfidne su rude u pukotinama po tim stijenama, ali su u njima i impregnirane, a mjestimice postale su i metasomatskom zamjenom bojenih silikatnih minerala poslije procesa sericitizacije i kaolinizacije glinenaca ili feldspata. Silifikacija je zapažena najviše u dubljim dijelovima rudnih žila.

Dobrevska rudna parageneza je jednostavnog mineralnog sastava i u pravcu pružanja žila i u dubljinu. Galenit se kristalizirao s manjim prekidom u cijelom temperaturskom području.

Red kristalizacije s manjim prekidima, vjerojatno zbog sniženja i ponovnog povišenja temperature, vršio se ovim redom: galenit → sfalerit → → pirit → halkopirit → siderit, zatim kremen i ponovo galenit → arsenopirit → barit. Kao sekundarni postali su ceruzit, kalcit, psilomelan i limonit.

Na Zlatici (Plavici) ima u tanjim žilama još i energita, burnonita, antimonita i vjerojatno antimonskog sinjavca.

U pukotinama i šupljinama po rudnim žilama razvio se konačno galenit i barit u velikim i kristalografski pravilno razvijenim individuima. Galenit se razvio obično u kombinaciji (100) i (111), a rjeđe u pločastim sraslacima po (111). Barit, koji je proučio I. Jurković (26), razvio se u vrlo lijepim kristalnim druzama s plohama u žutoj jezgri i bijelom obrubu (110) i (001), a u bijelom obrubu još i plohama (115), (116), (111), (104) i (102).

Dobrevsko rudno ležište možemo uvrstiti genetski među *subvulkanska hidrotermalna žilna*, dijelom i *impregnacijska i metasomatska rudišta galenita sa sfaleritom*, u efuzivnim stijenama andezitsko-dacitske svojte.

Mineraloško-geološki zavod
Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

(Primljeno u sjednici Odjela za prirodne nauke od 22. XI. 1952.)

LITERATURA

1. *Boué Ami*, La Turquie d'Europe. 1840. Paris.
2. *Viquesnel A.*, Journal d'une Vouage dans la Turquie d'Europe. Mémoire de la Soc. geolog. de France. T. I. 1. 2-e ser. Mém. No 6.
3. *Cvijić J.*, Osnove za geografiju i geologiju Makedonije i Stare Srbije. Knjiga prva. Beograd 1906.
4. *Kossmat F.*, Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Die Kriegsschauplätze 1914–1918 geologisch dargestellt. Berlin 1924.
5. *Bončev G.*, Kratovsko v geologično i rudarsko otnošenie. Trudove na blgarskoto prirodoizpit. družestvo. Knj. XVII. Sofija 1936.
6. *Tomić J.*, Geološka starost vulkanskih erupcija u Zletovsko-kratovskoj oblasti. Vesnik Geološkog instituta Kralj. Jugoslavije. Knjiga VI. Beograd 1938.
7. *Tomić J.*, Litološka serija trahit-kajanita iz oblasti između Bregalnice i Vardara u južnoj Srbiji. CXXXVII Knjiga Glasa Srpske Kralj. Akademije. Beograd 1929.
8. *Cvijić J.*, Osnove za geografiju i geologiju Makedonije i Stare Srbije. Knjiga I. Beograd 1906.
9. *Kojić M.*, Sur l'existence de laves leucitiques, dans la Serbie méridionale. Compte rendus de Séance de l'Acad. des Sciences. Paris 1926.
10. *Lacroix A.*, La systématique des roches leucitiques; les types de la famille syenitique. Compte rendus des Séance de l'Acad. des Sciences. Paris 1926.
11. *Tröger W. E.*, Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Ein Nomenklatur-Kompendium. Berlin 1935.
12. *Chudoba K.*, Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung. Stuttgart 1932. Taf. IV.
13. *Nikitin W.*, Die Fedorov-Methode. Berlin 1936.
14. *Tajder M.*, Kožuf. Petrografija i petrogeneza vulkanskih stijena Kožufa. Vesnik Geol. instituta Kralj. Jugoslavije Knj. VIII. Beograd 1940.
15. *Grout F. F.*, Petrography and petrology. 1932.
16. *Tyrrell G. W.*, The principles of petrology. 1929.
17. *Niggli P.*, Die Magmentypen. Schweizerische Min. und Petrograph. Mitt. XVI. Band 1936.
18. *C. Burri* und *P. Niggli*, Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens. I. Hauptteil. Zürich 1945.
C. Burri und *P. Niggli*, Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens. II. Hauptteil. Zürich 1949.
19. *Tućan F.*, Leucitska stijena Kurešničke Kraste kod Demirkapije. Glasnik skopskog nauč. društva. Knj. IX. Odeljenje prir. nauka 3. Skoplje.

20. *Corbin P.* et *Oulianoff N.*, Recherches tectoniques dans la partie centrale du Massiv du Mont Blanc. Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 50. 1926.
21. *Lebedev P. I.*, K voprosu o prirode silikatovih i rudnih magm. Voprosi mineralogii, geohimii i petrografii. Akad. Nauk SSSR. 1946.
22. *Tomić J.*, Granitski masiv kod Štipa. Glas Srp. Kralj. Akademije. CXXXV. Prvi razred. 64. Beograd 1929.
23. *Wilson G.*, The geology, petrology and structure of the Brzeće area, Kopaonik Mts, Jugo-Slavia: with a contribution to the problem of alpine tectonics. Geološki anali. Knj. XI. II. deo. Beograd 1933.
24. *Radovanović V.*, Mlade vulkanske pojave i oblici u neogenu kraj Vardara na ulazu u Tavorsku klisuru i pred Demirkapijom. God. Skopskog filoz. fakulteta. Knj. I. Skoplje 1930.
25. *Pavlović S.*, Étude microscopique de quelques minerais métalliques de Yougoslavie. Bull. Soc. franç. de Minér. T. 55. 1932.
26. *Jurković I.*, Barit iz rudnika Dobrevo kod Zletova. Spomenica Miše Kišpatića. Izdanje Jugoslavenske akademije. Zagreb 1953.

DIE EFFUSIVGESTEINE DES ERZGEBIETES ZWISCHEN ZLETOVO UND KRATOVO

Von dem weitausgedehnten Eruptivgebiet östlich des Vardar habe ich nur dessen östlichsten kleineren Teil zwischen Zletovo und Kratovo petrographisch untersucht. In diesem Erzgebiete sind ausschliesslich Effusivgesteine und die zugehörigen Tuffe anzutreffen. Bei dem Dorfe Dobrevo befindet sich die wirtschaftlich bedeutendere Blei- und Zinkerzlagerstätte Makedoniens.

A. Petrographischer Teil. Im Erzgebiete von Zletovo und Kratovo kommt der Biotit-Amphibolandesit und Sanidin-Biotitdacit von ausgesprochen porphyrischer Struktur, und ein aphanitischer sehr feinkörnige Labradorit-Augitandesit vor.

1. *Biotit-Amphibolandesit.* Entlang des Zletovska Flusses begegnet der Biotit-Amphibolandesit in einer 2—4 km breiten Zone. In der Umgebung der Erzgrube Dobrevo, und namentlich nördlich am Fusse des Konjarevski Breg, enthält er viele fremde Einschlüsse eines fast schwarzen schieferigen Gesteins.

Unter dem Mikroskop sind im Biotit-Amphibolandesit Einsprenglinge von *Plagioklas* mit 46—47% *an* zu beobachten. Es gibt auch invers zonargebaute Plagioklaseinsprenglinge. *Biotit* erscheint gelegentlich blätterig mit hexagonalen Formen oder unregelmässigen Konturen. *Amphibol* ist pleochroitisch mit $c \wedge Ng = 18^0$. *Augit* hat $c \wedge Ng = 42^0$, und $2V = 60^0$. Stellenweise ist auch ein durch Korrosion abgerundetes *Quarzkorn* anzutreffen. Akzessorisch ist *Apatit, Zirkon* und *Magnetit*, als sekundär *Calcit, Chlorit, Penin* und *Zeolith* anzutreffen.

Die Grundmasse ist sehr feinkörnig mit schwachen Anzeichen von fluidaler Textur. Chemische Analysen s. S. 197. Chemismus ist dioritisch (quarzdioritisch).

Beim Vergleich dieser Effusivgesteine mit jenen bei Tröger (11 p. 142) konnte ich feststellen, dass sie ihrer norm-und volumprozentischen Zusammensetzung nach dem Andesit von Hoyada, Catamarca in den Argentinischen Alpen am nächsten stehen. Niggliwerte in beiden untersuchten Gesteinsproben bleiben mit ihren $si < 225$ und kleineren, aber positiven *qz* in Grenzen der neutralen hypabyssischen und effusiven Formen der Diorite. Der Magmentypus ist dioritisch oder leukogabroid (kumbraitisch).

2. *Sanidin-Biotitdacit.* Im Dorfe Dobrevo, am linken Ufer des gleichnamigen Baches und gegenüber der Haltestelle der Grubenseilbahn, ragt aus propylitisiertem Biotit-Amphibolandesit in Form einer Kuppe Sanidin-Biotitdacit hervor. Das Gestein ist von lichtgrauer Farbe, mit grossen (einige cm!) Sanidineinsprenglingen, mit körnigem Quarz und Biotit in regelmässig hexagonalen Konturen.

Sanidin erscheint als Zwillinge nach dem Karlsbadgesetz. Er ist durchwegs allseitig korrodiert. Achsenwinkel $2V = -13^0$ bis -18^0. *Plagioklas* ist meist zonargebaut und am Rande, gleich dem Sanidin allseitig korrodiert und enthält durchschnittlich 40% *an*. Quarz ist reichlich vorhanden. *Biotit* erscheint in idiomorphen Formen. Akzessorisch begegnet körniger *Magnetit* und tafeliger und körniger *Titanit*. *Chlorit* ist sekundär an den Rändern von Biotit entwickelt.

Die Grundmasse ist gleichmässig fein auskristallisiert.

Diesem Dobrevo-Gestein ist das Ergussgestein des Zdravči-Kamen verwandt, das etwa 7 km NW von Dobrevo, am linken Ufer des Kratovo Flusses vorkommt.

Chemische Analysen s. S. 199. Chemismus ist dioritisch (granadioritisch).

Nach Vergleich ihrer norm-und volumprozentischen Zusammensetzung mit jener verwandter Gesteine bei Tröger (11. p. 60 und p. 72), kann man schliessen, dass diese Gesteine dem Rhyodacit 118 einerseits, und dem Dacit 148 andererseits am nächsten stehen. Ich ordnete sie in die Reihe der Dacite ein, da sie an basischeren Plagioklasen reicher sind als Rhyodacite, bzw. Rhyolite.

3. *Labradorit-Augitandesit.* Im westlichen Teil des Eruptivgebietes ist ein fast schwarzes aphanitisches Gestein in Form kleinerer Decken und Ausbisse anzutreffen. Seinem Äussern nach ähnelt das Gestein dem Basalt, es stellt aber sicherlich einen Labradorit-Augitandesit dar.

Die Messungen der Plagioklase gestatten auf eine durchschnittliche Zusammensetzung von 55—65% *an* zu schliessen. Bei zonar gebauten Plagioklaseinsprenglingen, und auch in mikrolitischen Plagioklasen, steigt stellenweise die Anorthitsubstanz bis zu 80 und 90% an. Plagioklase sind also aus der Reihe des Labradorits, stellenweise auch Bytovnits. Monoklinischer Pyroxen ist *Augit*. Er hat $Ng \wedge [001] = 42^0, 43^0, 45^0$; $2V = +56^0, +57\frac{1}{2}^0, +58^0$; $n = 1{,}70$; $Ng - Np = 0{,}0245$; gemessen $Ng - Np = 0{,}0240$. *Magnetit* ist so reichlich vorhanden, dass er auf die Magnetnadel empfindlich einwirkt.

Die Grundmasse ist gleichmässig fein auskristallisiert und besteht aus stäbchenförmigen Plagioklasen, feinkörnigem Pyroxen und staubförmigem Magnetit. Die Plagioklase der Grundmasse sind in Gesteinsproben von Crveni Rid fluidal angeordnet. Die Struktur ist trachitisch bis intersertal. Chemische Analysen s. S. 202. Chemismus ist dioritisch.

Niggliwerte zeigen an, dass diese Gesteine ärmer an *si* und reicher an *c* und *alk* sind. Die Parameter CIPW zeigen noch salischen Charakter dieser Gesteine an. Wollten wir diese Gesteine der Natur ihrer Plagioklase nach klassifizieren, die mehr als 50% *an* enthalten, so müssten wir sie als Basalte ansehen. Als solche können sie aber nicht betrachtet werden, da sie in ihrem Mineralbestand mehr »felsic« als »mafic« Kom-

ponenten aufweisen. Ich ordnete sie, ohne Rücksicht auf die mittlere Modal-zusammensetzung ihrer Plagioklase, auf Grund der mehr als $^5/_8$ vorhandenen »felsic« Minerale, in die Reihe der Andesite ein, und bezeichnete sie als Labradorit-Augitandesite. Sie stellen effusive Glieder der Diorite dar, die aus demselben Magma entstanden sind, aus dem sich auch der Biotit-Amphibolandesit und Sanidin-Biotitdacit dieses engeren Teils des Erzgebietes von Zletovo und Kratovo entwickelt hat.

B. Petrochemisch-genetischer Teil. Obwohl diese Effusivgesteine ihrem Mineralbestand nach verschieden sind, sind sie doch ihrem Chemismus nach nahverwandt. Sie gehören einem neutralen und saueren Gesteinstypus an, dessen Norm-und Mod-zusammensetzung verschieden sind, und einem basischeren Gesteinstypus, mit gleicher Norm-und Mod-zusammensetzung. Die neutralen und saueren Typen sind Biotit-Amphibolandesit und Sanidin-Biotitdacit, und der basischere der Labradorit-Augitandesit. Ihre genetische Verwandtschaft geht, wie aus dem Magmatypus, so auch aus Niggliwerten hervor (s. Tabelle I. und Fig. 1).

Auf Grund der Niggliwerte sind schon im Magma dieses engeren Erzgebietes zwei Differentiationstendenzen ersichtlich. Eine, die sich in Erhöhung der *si*, *al* und *alk* Werte offenbart, und eine andere mit beträchtlicheren Anwachsen von *c* und *fm*. Alle diese Gesteinstypen sind verhältnismässig alkalireicher, da sie $alk > {}^2/_3\, al$ enthalten, aber ebenso K-reicher, da $k \geqq 0{,}40$ ist; schliesslich ist das Verhältnis $Na_2O : K_2O$ fast gleich 1 : 1. Dies bindet sie mit jenen Übergangstypen, die aus dioritisch-monzonitischen und granodioritischen Magmen enstanden sind.

Inzwischen müssen wir bei den *c*-Werten etwas verweilen, und zw. wegen der Frage über die Herkunft des Kalzits in diesen Effusivgesteinen. Fraglich ist, ob der gesamte CaO magmatischen Ursprungs ist, und demnach als solcher in die Berechnung des *c*-Wertes einzubeziehen ist, oder ob er nur zum Teil aus dem Magma stammt, und z. T. aus anderen Gesteinen, z. B. sekundär aus den Karbonatgesteinen von der Oberfläche. In Dünnschliffen unterscheidet sich der Kalzit in den Lücken zwischen Mineralbestandteilen von jenem in Plagioklasen, und ich bestimmte an zwei Gesteinsproben die eine Hälfte des Kalzits als von der Oberfläche stammend, und die andere Hälfte als magmatischen Ursprungs. Würden wir nämlich das gesamte CaO als magmatisch betrachten, dann würden sich an der *c*-Kurve anomale Knicke zeigen, die schwer zu deuten wären als Differentiationstendenz im Magma, aus dem sich chemisch so verwandte Effusivgesteine entwickelt haben.

Im Diagramm *k* — *mg* (Fig. 2) sehen wir ein leichtes Schwanken der *mg*-Werte und ziehmlich konstante *k*-Werte. Die Projektionspunkte der Gesteinsanalysen nehmen den Bereich der Kalkalkaligesteine, und teilweise den Übergangsbereich zu den echten Kaligesteinen ein. Denn *alk*- und *k*-Werten nach kommen sie also näher den Gesteinstypen des Kožuf, als denen zwischen Bregalnica und Vardar.

Um die bereits angeführten Vergleiche vom Chemismus der Effusivgesteine zu vervollständigen, bringe ich auch di Q L M, π und *k* Werte in Dreiecken nach Niggli (s. Tabelle II und Fig. 3 und 4).

Auch im Q L M Dreieck fallen die Projektionspunkte dieser Gesteinsanalysen vorwiegend in das Gebiet der Kalkalkaligesteine, doch eben auch in das Übergangsgebiet, wo sich die Projektionspunkte der Gesteinsanalysen von Kožuf befinden. Von den Kaligesteinen, also von den Trachytkajaniten zwischen Bregalnica und Vardar sind sie mehr fernliegend.

In π-k Dreieck ist sowohl ihr Unterschied als auch ihre gegenseitige Beziehung noch deutlicher ausgeprägt. Die Projektionspunkte der Gesteinsanalysen von Kožuf fallen in das Gebiet zwischen jene von Zletovo und Kratovo auf der einen, und Bregalnica und Vardar auf der anderen Seite.

Diese Vergleiche zeigen, dass sich im östlichen Teil des weitausgedehnten Eruptivgebietes von Zletovo und Kratovo überwiegend Gesteine vom pacifischen Typus, und im westlichsten Teil überwiegend die Gesteine vom mediterranen Typus entwickelt haben.

In genetischer Beziehung ist eine Kajanitanalyse von Kurešnička Krasta bei Demirkapija von besonderem Interesse. Es handelt sich um den Kajanit, den C. Burri und P. Niggli unter No 8 (18. II. p. 154) anführen, und bemerken, dass er der frühere, durch Aufnahme fremden SiO_2 reichen Materials veränderte Kajanit sei. Ihren *si*-Werten nach, unterscheidet sich dieser Kajanit ziemlich von den Kajaniten zwischen Bregalnica und Vardar, wie auch von anderen analysierten Gesteinsproben von der Kurešnička Krasta selbst. Es hat somit das Magma, aus dem dieser Kajanit entstanden ist, irgendein fremdes Material durch Assimilation, bzw. Kontamination, in dem Masse aufgenommen, dass dies klar an seinem Niggli *si*-Werte zum Ausdruck kommt.

Dies zeigt also auch, dass man die Assimilation, bzw. Kontamination, neben der Differentiation, als jenen Process ansehen kann, der zur Entwicklung der Magmentypen geführt hat, aus denen sich die Effusivgesteine östlich des Vardar entwickeln konnten. Und tatsächlich, fremde Einschlüsse unserer Effusivgesteine zeigen, dass die Magmaschmelze in Berührung mit fremdem Gesteinsmaterial gekommen ist, deren Bruchstücke sie auch an die Oberfläche geführt hat. Diese Bruchstücke mag sie zum Teil oder gänzlich assimiliert und dadurch deren und ihre eigene chemische Zusammensetzung verändert haben.

All dies führt uns zu dem Schlusse, dass wir bei weiterem Studium unser Augenmerk nicht nur auf die Effusiv-und Intrusivgesteine dieser Gebiete, sonderen auch auf die fremden Einschlüsse in diesen Eruptivgesteinen richten müssen.

Aus der räumlichen Verbreitung dieser Effusivgesteine ist eine gewisse Regelmässigkeit ersichtlich, u. zw., dass die neutralen und saueren, alkaliärmeren Gesteinstypen mehr östlich, näher dem Rodopemassiv, und die basischeren, alkalireicheren Gesteinstypen, weiter westlich im Gebiete der Vardarsenke erscheinen.

Der Vulkanismus selbst war ebenso im Laufe der Zeit nicht überall von gleicher Intensität. Vulkanische Tätigkeit erfolgte in diesem engeren Erzgebiet in drei aufeinanderfolgenden Phasen. In der ersten explo-

sivartigen bildete sich Biotit-Amphibolandesit (mit zahlreichen fremden Einschlüssen von kristallinischen Schiefergesteinen), und die mächtigen Ablagerungen seiner Tuffe. In der zweiten Phase durchbrach das Magma bis an die Oberfläche, aus der Sanidin-Biotitdacit enstand, begleitet von einer Mineralisation sulphidischer Erze. In der dritten Phase, die ruhiger verlief, entstand bei langsamem Lavaerguss Labradorit-Augitandesit.

Doch bleibt die Frage auch weiterhin offen, ob alle diese Effusivgesteine östlich des Vardarflusses aus demselben Magma entstanden sind, und wie sie sich zu den Eruptivgesteinen der übrigen Gebiete Makedoniens verhalten. Ebenso wichtig ist die Frage, ob diese Gesteine nur durch Kristallisationsdifferentiation des Magma selbst, oder auch durch Assimilation, bzw. Kontamination fremder Gesteinsmateriale entstanden sind, und in welchem Masse?

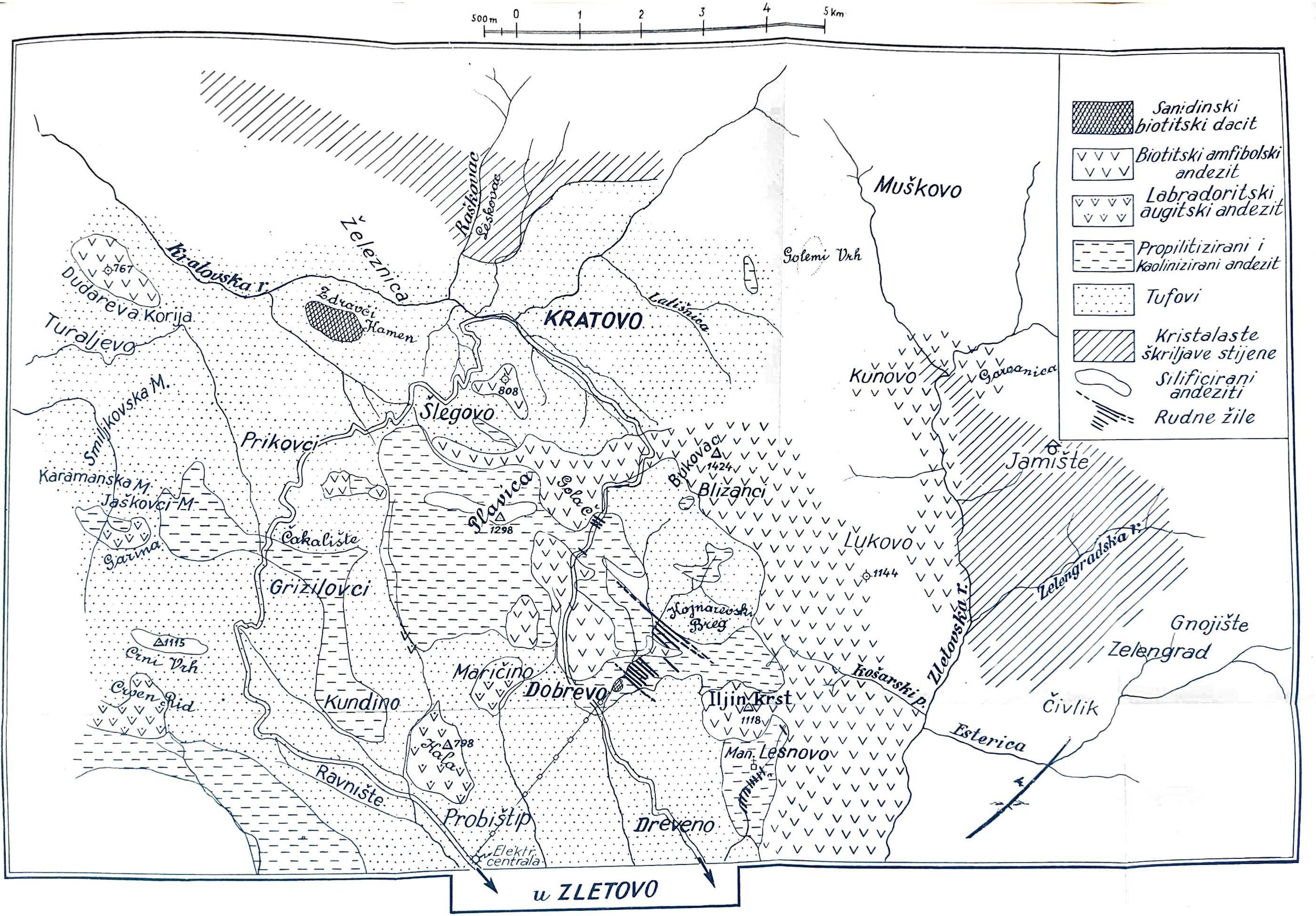
Um endlich noch einen tieferen Einblick in die räumliche, zeitliche und stoffliche Evolution des Magmatismus dieser Gebiete gewinnen zu können, wird es notwendig sein auf dieselbe Weise, wie die Effusivgesteine, die Intrusivgesteine Makedoniens zu studieren und somit eine noch sicherere Grundlage zur weiteren Diskussion über den Magmatismus, nicht nur dieser Eruptivgebiete Jugoslaviens, sondern auch der gesamten Eruptivgebiete des östlichen Mittelmeerraumes, zu schaffen.

Im Bereiche der Erzgrube Dobrevo, ungefähr auf halbem Wege von Zletovo nach Kratovo, befindet sich eine Reihe parallel angeordneter Erzgänge (s. beiliegende petrographische Karte), deren Streichen SE-NW und steiles Fallen N-NE ist. Stellenweise sind die Gänge kompakt, stellenweise verzweigt und ziemlich symmetrisch gebaut, mit einem dünneren Galenit-und Syderitüberzug am Salband, und mit grobauskristallisiertem Galenit in der Gangmitte.

Die Erzparagenese von Dobrevo ist dem ganzen Gang nach einfach und konstant. Galenit kristallisierte mit kleineren Unterbrechungen fast im gesamten Temperaturbereich. Die Reihenfolge der Erzausscheidung war folgende: Galenit → Sphalerit → Pyrit → Chalkopyrit → Syderit; dann wieder Galenit → Arsenopyrit → Baryt. Sekundär sind Cerussit, Calcit, Psilomelan und Limonit. Am Ende kristallisierte wieder Galenit in grossen Kristallen in Kombination (100) und (111), aber auch als tafelige Zwillinge nach (111). Baryt entwickelte sich in prächtigen Kristalldrusen, deren Kristalle einen gelben Kern mit weisser Bordure (26) aufweisen.

An dem Plavica (Zlatica) sind in dünneren Ädern neben Galenit noch Bournonit, Enargit, Antimonit und Antimonfahlerz anzutreffen.

Die Dobrevo-Erzparagenese kann genetisch als *subvulkanisch-hydrothermale*, zum kleineren Teil als *impregnations- und methasomatische Blei-Zinkerzlagerstätte* gewertet werden.



500 m
0
1
2
3
4
5 km
Sanidinski biotitski dacit
Biotitski amfibolski andezit
Labradoritski augitski andezit
Propilitizirani i Kaolinizirani andezit
Tufovi
Kristalaste škriljave stijene
Silificirani andeziti
Rudne žile
KRATOVO
Muškovo
Kralovska r.
Železnica
Raškovac
Leskovac
Golemi Vrh
Zdravči Kamen
Latišnica
Dudareva Korija
Turaljevo
Smiljkovska M.
Kunovo
Garvanica
Šlegovo
808
767
Prikovci
Karamanska M.
Jaškovci M.
Plavica
1298
Golač
Bukovac
1424
Blizanci
Jamište
Čakalište
Garina
Lukovo
1144
Zelengradska r.
Grizilovci
Kojnarevski Breg
Gnojište
Zelengrad
1115
Crni Vrh
Maričino
Dobrevo
Košarski p.
Zletovska r.
Crven Rid
Kundino
Iljin krst
1118
Čivlik
Esterica
Kala
798
Man. Lesnovo
Ravnište
Probištip
Dreveno
Elektr. centrala
u ZLETOVO

Ivan Jurković

BARIT IZ RUDNIKA DOBREVO KOD ZLETOVA

U olovno-cinkanom rudištu Dobrevo kod Zletova (Makedonija), koje u svojim radovima opisuje *St. Pavlović* (Lit. 1, 132—135), *G. Bončev* (Lit. 2) i *L. Marić* (Lit. 3), nađene su u žici br. I krasne druze pločastog barita žutoga poput meda, pravilnih kristalografskih oblika sa uskim, oštro ograničenim snježnobijelim obrubom (Sl. 1). Druze je našao pri istražnim radovima ing. V. Sosić i darovao ih zbirci mineraloško-geološkog zavoda Tehničkog fakulteta u Zagrebu, i odatle sam ih uzeo za proučavanje.

Druza je duga 16 cm i visoka 8 cm; njena debljina iznosi u sredini 5 cm, prema rubovima je tanja, tako da dobiva oblik izdužene leće. Podlogu druze čine jedre mase galenita i sfalerita ili ti minerali razvijeni u lijepim kristalografskim oblicima, naročito galenit. Druze barita nalaze se po zidovima šupljina središnjih dijelova rudne žice br. I. To upućuje na zaključivanje, da je barit posljednji član kristalizacije dobrevske rudne parageneze. To mišljenje zastupa u svojem radu *L. Marić* (Lit. 3) i *A. Cissarz* (usmeno saopćenje). Iste činjenice konstatirao je i *Lj. Barić* (Lit. 4, 71) za barit iz Starog Trga u trepčanskom rudištu.

Jezgra kristalne druze sastoji se iz mliječnobijelog jedrog barita ponegdje poluprovidnog ili providnog, a ponegdje žućkaste boje od primiješanih željeznih hidrata. Taj jedar barit je obložen s prednje i stražnje strane u obliku rozete pločastim kristalima barita žutim poput meda, koji imaju uski snježnobijeli obrub. Ubuduće ćemo pri opisivanju stalno razlikovati mliječnobijeli jedar barit, pločaste kristale žute poput meda i snježnobijeli obrub pločastih kristala. Dobrevski je barit prema tome izrazite zonarne građe. Brojni primjeri barita sa zonarnom građom sakupljeni su i ukratko opisani u djelu *C. Hintze* (Lit. 5, 3824—3885), a među njima ima i takvih, koji imaju žuto bojadisane nutarnje ili vanjske zone.

Pločasti kristali su raznih veličina. Najveći je imao 2,5 cm; veličine ostalih kristala idu od 1 mm do 1 cm, a ima ih i sitnih, jedva vidljivih golim okom. Prijelaz između snježnobijelog obruba kristala i žuto obojene jezgre kristala vrlo je oštar, dok su prijelazi prema mliječnobijelom jedrom baritu jezgre druze vrlo nepravilni i često postepeni. Promatranjem pod binokularnim mikroskopom zapaža se na plohama raznih kalotina, a i unutar njih sitan prah galenita i ponegdje pirita. Mliječnobijeli jedar barit jezgre druze i snježnobijeli obrub kristala bogatiji su uklopcima sulfidnih minerala nego poput meda žuta jezgra pločastih kristala.

Mjerenjima na Goldschmidtovu dvokružnom refleksnom goniometru[1] na 5 izabranih pločastih kristala žute poput meda jezgre i snježnobijeloga obruba određene su ove forme, uzevši postavu kristala po R. J. Haüyu (Lit. 5, p. 3782):

c (001), m (110), l (104), d (102), p (116), v (115), z (111).

U tabeli br. I naznačene su križićem za svaki izmjereni kristal forme, koje su na njemu nađene.

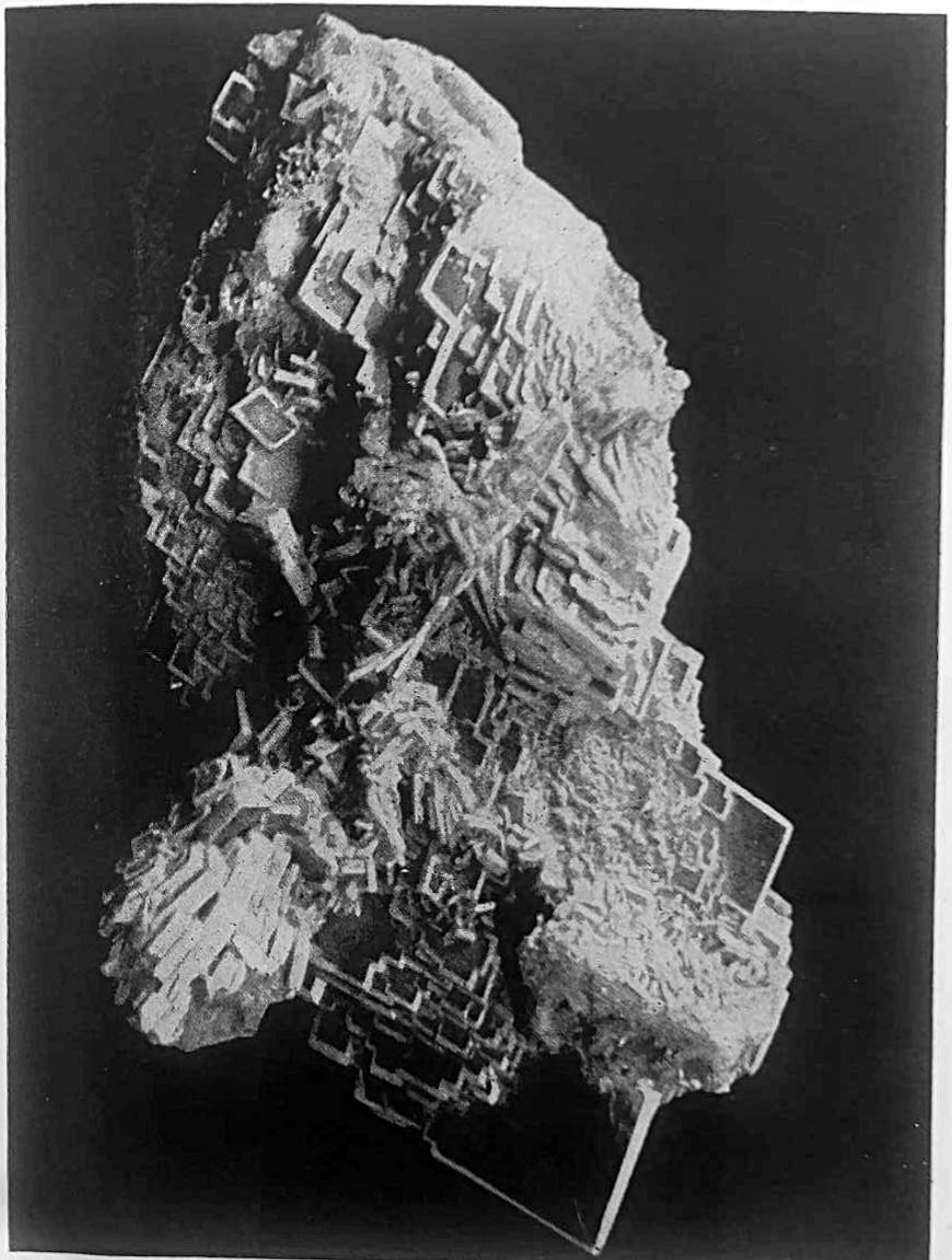
Tabela I

Kristal forme broj	c (001)	m (110)	p (116)	v (115)	z (111)	l (104)	d (102)
1	+	+	+	+	—	—	—
2	+	+	+	+	—	+	—
3	+	+	+	+	+	—	—
4	+	+	+	+	?	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+

Na svim kristalima najjače su razvijene plohe c (001) i m (110), koje im daju pločast izgled. Jedan od kristala predočen je na sl. br. 2. Debljina najvećeg kristala u smjeru osi c iznosila je 6 mm; dužina u smjeru osi b iznosila je 36 mm, a u smjeru osi a. čijim je jednim krajem kristal prirastao za svoju podlogu mliječnobijeloga jedrog barita jezgre druze, iznosila je 30 mm. Uz plohe c i m na svim kristalima javljaju se piramidske plohe p (116) i v (115). Te plohe otupljuju kao uske plohe bridove između (001) i (110). Od tih dviju ploha, p (116) je mnogo jače razvijena nego ploha v (115), koja se zapaža tek uz jako povećanje na goniometru. Forme z (111), l (104) i d (102) javljaju se češće na manjim kristalima. Od njih plohu l (104) zamjećujemo i golim okom, dok se ostale dvije zbog sitnoće vide tek na goniometru.

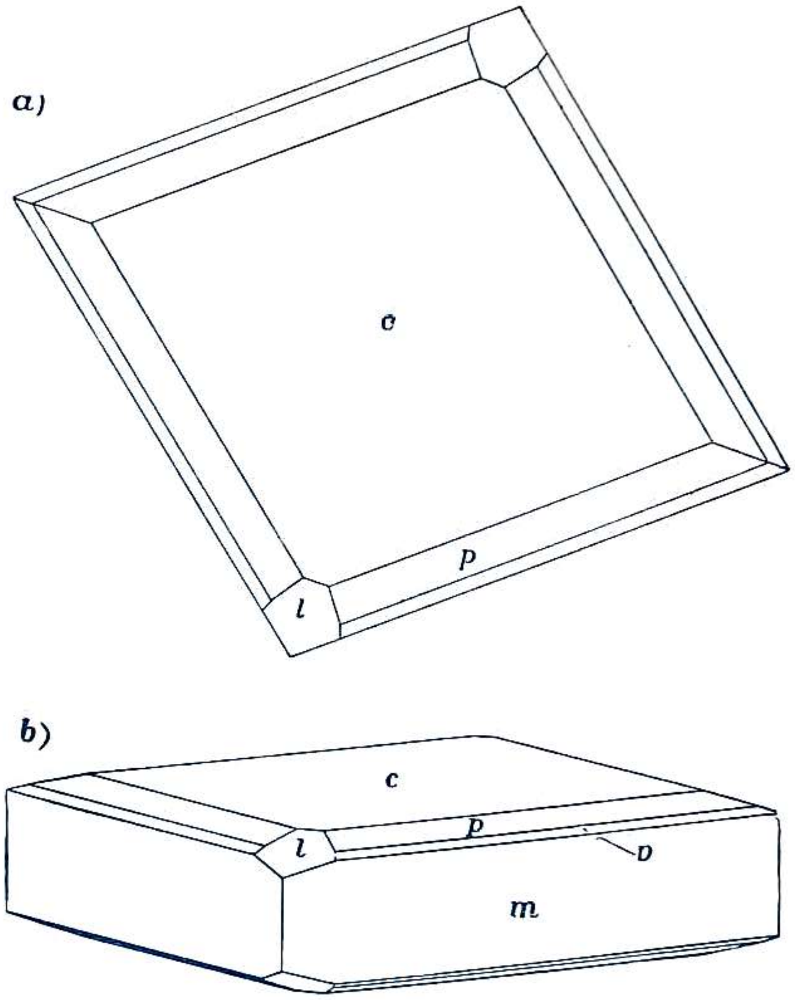
Žuto obojena jezgra pločastih kristala pokazuje samo forme c (001) i m (110), dok su se na snježnobijelom obrubu razvile i forme p (116), v (115), l (104), d (102), z (111). Sve plohe nisu davale jednako vrijedne

[1] Mjerenja su izvršena u mineraloško-petrografskom muzeju u Zagrebu. Kod rada mi je pomagao savjetom prof. Lj. Barić, kome ovom prilikom naročito zahvaljujem.



Sl. 1. Kristalna druza barita

signale. Najjasnije signale davale su plohe m (110) i p (116); signali plohe c (001) bili su nejasni i razvučeni zbog neravnosti te plohe na kristalima. Ploha v (115) davala je različite signale, jedne oštre, druge razvučene. Signali plohe l (104) bili su slabi, ali dovoljno oštri za mjerenje,



Sl. 2a i *2b.* – a) pogled u smjeru osi c (slika glave); b) pogled sa strane

dok su najslabiji signali dobiveni sa ploha z (111) i d (102). Jedan kristal davao je signale plohe d (102) tek kao svijetle točkice.

Na goniometru konstatirana je više puta jasna kalavost po (110), a na jednom kristalu zapažena je i slabo razvijena kalavost smjerom (010).

Dosta se često zapažaju na druzi proraslaci dvaju pločastih kristala. Kod većine je teško uočiti neku zakonitost prorastanja. Samo je kod nekih prorastanje tako, da baza jednog kristala čini s bridom između (001) i (110) drugog kristala kut od 90°, kako je to zapazio *Viola* (lit. 5, 3858; sl. br. 1261, p. 3859) na kristalima barita iz rudnika Boccheggiano (Italija), koji su sasma sličnog izgleda kao dobrevski kristali.

Velika većina pločastih kristala dobrevske druze zauzela je među sobom prividno paralelan položaj smjerom (001), te cijeli niz kristala izgleda kao da je srastao gotovo paralelno s baznim pinakoidom, kako se to lijepo vidi i na sl. br. 1. *Beckenkamp* (Lit. 5, 3793) smatra, da su to sraslaci kompliciranih sraslačkih zakona. Slična srastanja spominje i cijeli niz drugih autora, kao na pr.: *Viola*, *D'Achiardi*, *Millosevich*, *Ungemach* i t. d. (Lit. 5.).

Dosta često je paralelno srastanje dvaju, a katkad i više individuuma po (100) ili pak paralelno srastanje po (010). Ovo posljednje srastanje po (010) opisuje *H. Haas* (Lit. 6, 249, sl. 8) na kristalima iz Baia Sprie (Rumunija).

Akcesorije zbog rastenja kristala zapažene su na svim plohama. Značajka je mnogih kristala dobrevskog barita, da imaju »namreškane plohe«. Forme akcesorija su vrlo komplicirane i teško ih je prikazati crtežom. Tek na dva kristala zapazio sam na plohi c (001) takve akcesorije, kakve su prikazane u djelu *H. Haasa* (Lit. 6, 249 sl. 6.). Na plohi m(110) zapažene su akcesorije slične onima na sl. br. 14 u djelu *H. Haasa* (Lit. 6, 252).

Podlogu druze dobrevskog barita čine jedre ili kristalizirane mase galenita i sfalerita prevučene tankom prevlakom kremena. U samim kristalima barita nalaze se uklopljeni kristalići galenita i pirita. Na površini baritovih kristala nalaze se vidljive količine kristaliziranog kremena uz nešto kristalića pirita većim dijelom limonitiziranih, te kristalići galenita. *F. Braun* (Lit. 7, 211—212) barite takve parageneze, a pločastog izgleda stavlja u t. zv. silikatni tip VI., P^{b}_{001} [010].

Sve tri zone u dobrevskom baritu sadržavaju mnogo uklopaka. Ti uklopci su dvojaki: jedno su uklopci sulfidnih minerala, koji se vide i golim okom, a pogotovo u binakularnom mikroskopu; drugo su vakuole ispunjene nekim elektrolitom ili plinom. Žuta zona ima malo vakuola i providna je. Mliječnobijeli jedri barit jezgre druze i snježnobijeli obrub kristala puni su vakuola, naročito obrub, i zbog toga imaju bijelu boju i neprovidni su. Pod mikroskopom u preparatima dobrevskog barita vakuole se zapažaju zbog totalne refleksije kao tamne mrlje; među unakrštenim nikolima su izotropne. *C. Hintze* (Lit 5, 3796) navodi brojne primjere barita s uklopcima tekućina ili plinova, koji uzrokuju mutnoću barita ili bijelu boju ($NaCl$, Na_2SO_4, HCl, H_2SO_4). Spominje i uklopke raznih minerala u baritima, kao na pr.: Sb_2S_3, $CuFeS_2$, PbS, limonit, ZnS, i t. d.

U žutoj zoni pločastih kristala ne zapaža se individualiziran »kolorens«, jer je submikroskopski fino razdijeljen u baritu.

Značajno je, da na granici između žute zone pločastih kristala i snježnobijelog obruba tih kristala, dakle na plohi m (110), postoji jače okupljanje galenitnog praha. Iz toga se može zaključivati, da je nastao prekid kristalizacije i da su genetski faktori, izmijenjeni pri novoj fazi kristalizacije, bili važni za promjenu kombinacija ploha, koje su se razvijale na obrubu pločastih kristala. Sličan slučaj opisuje *F. Braun* (Lit. 7, 193) na kristalima barita iz Pšibrama.

Orijentacija optičkih elemenata pločastih kristala dobrevske druze barita ista je u žutoj zoni i snježnobijelom obrubu. Ravnina optičkih osi je paralelna s plohom (010). Ng = [100], Nm = [010] i Np = [001].

Za određivanje kuta optičkih osi priređeni su preparati pločastih kristala brušeni okomito na Ng, odnosno paralelno s plohom (100). Mjerenja izvršena pomoću teodolitnog mikroskopa (Lit. 9) dala su za prividni kut optičkih osi u staklu segmenata sa indeksom loma n = 1,52 ove vrijednosti:

žuta zona pločastih kristala: $40^3/_4{}^0$, $39^2/_3{}^0$, $41^1/_4{}^0$, $40^2/_3{}^0$, $40^1/_2{}^0$ = $40^1/_2{}^0$
snježnobijeli obrub kristala: $39^1/_4{}^0$, $40^3/_4{}^0$, $40^1/_2{}^0$, $40^1/_2{}^0$ = $40^1/_4{}^0$

Za određivanje indeksa loma priredio sam 3 ispolirane pločice smjerom (001). Mjerenja je u Na-svijetlu pomoću Kleinovoga totalreflektometra (Lit. 10, 652) izvršio prof. Lj. Barić, na čemu mu ovdje zahvaljujem. Srednje vrijednosti iz mjerenja izvršenih na sve tri pločice jesu ovo:

$$Ng = 1{,}649 \qquad Nm = 1{,}638 \qquad Np = 1{,}637.$$

Srednja pogreška tih određivanja je ± 0,002. Točnost tih rezultata je dakle znatno manja od točnosti, kojom se uopće odlikuje ta metoda određivanja (± 0,0002). Uzrok za to je u tom, što ispolirane pločice nisu bile idealno ravne.

Iz gore navedenih rezultata za prividni kut optičkih osi i dobivenog srednjeg indeksa loma barita dobiveni su prema dijagramu *V. Nikitina* (Lit. 9, tab. 1) rezultati za prave kutove optičkih osi kod barita dobrevske druze.

2 V = + $36^1/_4{}^0$ za žutu zonu pločastih kristala
2 V = + $36^1/_2{}^0$ za snježnobijeli obrub kristala.

Druza barita bila je podvrgnuta osvjetljavanju ultravioletnim zrakama valnih dužina od 2800—4000 Å dobivenim pomoću živine svjetiljke. Uz te uvjete nije zapažen pojav luminiscencije. Jedino su se u snježnobijelom obrubu vidjele nepravilno razasute svijetle pjegice i sitne svijetle točkice. *D. J. McDougall* (Lit. 11, 436) smatra to također za fluorescenciju, koja je uzrokovana razbacanim centrima aktivatora, čiji je sadržaj manji od optimuma potrebnog za izazivanje fluorescencije na sobnoj temperaturi. Vjerojatno je, da bi pogodnim snižavanjem temperature došlo do pobuđivanja luminiscencije, kako je to *McDougall* dokazao svojim pokusima. Aktivatori, koji uzrokuju luminiscenciju, kemijski su elementi ili spojevi (nečistoće), čiji je atomski ili ionski radius manji od radiusa kationa osnovne mrežice (u našem slučaju iona barija). Oni se nalaze ili unutar mrežica ili čine kristale mješance, koji mijenjaju volumen

ćelije, u koje tada lakše ulaze novi aktivatori. Po *F. Braunu* (Lit. 7, 187) količine aktivatora su manje od 0,01%. Da bi pobudili fluorescenciju aktivatori moraju biti u optimalnoj količini. Činjenica, da snježnobijeli obrub kristala barita pokazuje t. zv. točkastu fluorescenciju, ukazuje na prisutnost nečistoća, a to je karakteristično za plohe, koje brzo rastu, kako je to već ukazao *F. Braun* (Lit. 7, 188.—189).

Osvjetljavanje kristalne druze izvršeno je i rentgenskim zrakama proizvedenim u ionizacijskoj rentgenskoj cijevi (Bauerröhre) s katodom bez hlađenja. Cijev je bila priključena preko induktora na napon od kojih 80.000—100.000 V.[2] Druza barita pokazala je jasno vidljivu fluorescenciju ružičastog tona. Najjaču fluorescenciju pokazivao je mliječnobijeli barit jezgre druze, ali intenzitet je bio nejednolik. Dosta jasna bila je i fluorescencija snježnobijelog obruba kristala, dok je fluorescencija žutih pločastih kristala bila jedva vidljiva. Iz toga bi se dalo zaključiti, da su žuti pločasti kristali najčišći od stranih primjesa i da su nastali uz lagani rast, dok je jezgra druze dosta jako, i to nejednoliko onečišćena i nastala uz brži rast, kao što je to i kod snježnobijelog obruba kristala.

Radioaktivnost druze ispitana je Geiger-Müllerovim brojačem s pojačalom i mehaničkim registratorom impulsa.[2] Registrator nije bilježio vidljivo veći broj impulsa u sekundi od broja impulsa, koje normalno uzrokuju kozmičke zrake. Iz toga zaključujemo, da dobrevski barit nije radioaktivan.

Specifične težine određene su metodom piknometra pri temperaturi od 16,2°C. Volumen piknometra iznosio je 50 cm³, a promjer kapilarne cijevi u termometru, gdje se nalazi meniskus, 1 mm.

	Providan materijal jedrog barita jezgre druze	Žuti poput meda pločasti kristali barita	Snježnobijeli obrub pločastih kristala barita	Smrvljeni u prah snježnobijeli obrub pločastih kristala barita
1. 2.	4,3925 4,3886	4,4626 4,4694	4,2745 4,2674	4,4448 4,4533
srednja vrijednost	4,3906 ± 0,0020	4,4660 ± 0,0034	4,2710 ± 0,0036	4,4490 ± 0,0042

Razliku u specifičnim težinama između jezgre druze i žute poput meda zone pločastih kristala pripisujemo razlici u kemijskom sastavu. Već *C. Doelter* (Lit. 12, 233) konstatira, da veći sadržaj stroncija u baritu snizuje specifičnu težinu. U Dana's System of Mineralogy (Lit. 13, 411) navodi se primjer barita iz Merana (Italija), kojega analiza je vrlo slična analizi jezgre druze barita iz Dobreva, a specifična težina

[2] Ispitivanja su izvršena u Zavodu za osnove elektrotehnike i električna mjerenja Tehničkog fakulteta u Zagrebu. Ovom prilikom zahvaljujem na susretljivosti prof. dr. J. Lončaru i asistentu ing. V. Muljeviću, koju su mi pokazali kod tih ispitivanja.

4,389 gotovo jednaka. Niska specifična težina snježnobijelog obruba pločastih kristala potječe od brojnih vakuola. To je dokazano također i određivanjem specifične težine istog uzorka smrvljenog u prah, koja je znatno porasla, kako se to vidi iz tabele.

Za kvantitativne kemijske analize materijal je probran pod binokularnim mikroskopom i finom čeličnom iglom očišćen, koliko je to tehnički bilo moguće, od sulfidnih zrnaca. Izvršene su 3 analize, i to: providnijeg barita mliječnobijele jezgre druze barita, zatim žutog poput meda barita pločastih kristala, te konačno barita snježnobijelog obruba pločastih kristala. U tabeli br. II te su analize navedene redom pod brojem I, II i III.

U kemijskoj analizi služili smo se iskustvima *W. W. Scotta* (Lit. 14), *W. A. Tongerena* (Lit. 15), *H.* i *W. Biltza* (Lit. 16), *F. P. Treadwella* (Lit. 17), *I. M. Kolthoffa* i *E. B. Sandella* (Lit. 18) te *J. Jakoba* (Lit. 19). Odjeljivanju Ba, Sr i Ca posvećena je naročita pažnja i zato je izabrana Rawson-Nollova metoda, kako je izloženo kod *A. W. Grovesa* (Lit. 20, 60 i 139) i R. Fresenius-G. Jandera (Lit. 21, 308—309 i 400). Po toj metodi, namjesto odjeljivanja eteralkoholom, odjeljuju se Ca, Sr, i Ba kao nitrati osušeni pri 160°C pomoću konc. HNO_3 (d = 1,445). Kalcijski nitrat se kvantitativno otapa u kiselini te koncentracije, dok se barijski i stroncijski nitrati uopće ne otapaju. Kalcij je određen dvostrukim taloženjem kao oksalat i vagan kao oksid, a barij je odijeljen od stroncija dvostrukim taloženjem kao kromat i kao takav vagan nakon sušenja pri 500°C. Stroncij je taložen najprije kao karbonat, otopljen i ponovno taložen kao sulfat i kao takav vagan. Metoda odjeljivanja pomoću konc. HNO_3 isprobana je na slijepoj probi s rezultatima, koji se kreću u granicama dopuštenih griješaka, kako ih navodi *F. P. Treadwel* (Lit. 17, 70).

Tabela II

Analitik: *Ivan Jurković*

	Mliječnobijeli jedri barit jezgre druze. Analiza I.		Žuti poput meda pločasti kristali. Analiza II.		Snježnobijeli obrub kristala. Analiza III.	
SiO_2	0,02%	0,02% SiO_2	< 0,02%	< 0,02% SiO_2	< 0,02%	< 0,02% SiO_2
R_2O_3	0,23%	0,23% R_2O_3	0,35%	0,35% R_2O_3	0,25%	0,25% R_2O_3
CaO	0,16%	0,39% $CaSO_4$	0,13%	0,31% $CaSO_4$	0,16%	0,39% $CaSO_4$
SrO	2,79%	4,94% $SrSO_4$	1,34%	2,38% $SrSO_4$	0,28%	0,51% $SrSO_4$
BaO	61,70%	93,90% $BaSO_4$	63,47%	96,39% $BaSO_4$	64,61%	98,31% $BaSO_4$
SO_3	34,67%	—	34,18%	—	31,35%	—
G. žar.	0,20%	0,20% g. žar.	0,21%	0,21% g. žar.	0,25%	0,25% gub. žar.
Pb	trag	trag	trag	trag	trag	trag
MgO	trag	trag	trag	trag	> 0,01%	~ 0,05% $MgSO_4$ Na_2SO_4 H_3BO_3 i t. d.
Ukupno	99,77%	99,68%	99,70%	99,66%	99,93%	99,31%

Iz analiza se vidi, da u analiziranim baritima ima malo stranih primjesa; primjese iznose oko 0,50%. Nadalje se vidi, da je sadržaj $SrSO_4$

relativno nizak, ispod 5% i vrlo nejednoliko raspoređen u druzi barita. Mliječnobijeli jedri barit u jezgri kristalne druze, koji je u toku kristalizacije prvi iskristalizirao, sadržava najveći postotak $SrSO_4$, žuti pločasti kristali sadržavaju mnogo manji postotak $SrSO_4$, a snježnobijeli obrub kristala ima vrlo malo $SrSO_4$. Sadržaj na $CaSO_4$ je vrlo nizak i podjednak u sva tri uzorka barita. Usporedimo li te 3 analize s analizom prozirnih barita iz Trepče (Lit. 4, 77), vidi se, da se analiza snježnobijelog obruba kristala iz dobrevske druze podudara s analizom trepčanskog barita.

Materijal za analize navedene u tablici br. II naročito je probran i očišćen i ima nizak postotak R_2O_3. U neprobranom i neočišćenom prosječnom uzorku barita taj postotak je vidljivo veći i iznosi redom 0,40%, 0,53% i 0,38%. Takvi uzorci sadržavaju žućkaste pjegice, naročito vidljive u mliječnobijeloj jezgri i snježnobijelom obrubu kristala. One su dale pozitivnu reakciju na željezo, što je dokaz, da se radi o limonitnoj supstanciji.

Dalji naš laboratorijski rad bio je upravljen na rješavanje pitanja, tko je submikroskopski nosilac poput meda žute boje pločastih kristala druze. U literaturi se navode različiti uzroci bojadisanja barita. *C. Doelter* (Lit. 12, 234—235) pripisuje sposobnost bojadisanja barita različitim fino razdijeljenim uklopcima, koji su genetski i kemijski vezani za sam barit. To su po njemu koloidalno izlučeni sumpor, barijski sulfid ili dapače koloidalno izlučeni barit ili pak kalcijski sulfat. *C. Hintze* (Lit. 5, 3801) drži, da razne žute i crvenkaste boje barita uzrokuju željezni oksidi. *F. Braun* (Lit. 7, 186) pripisuje razne žute tonove od žutih poput meda do žutosmeđih na zonama kristala barita iz Cumberlanda ritmičkom taloženju željeznih hidroksida iz otopina, koje su sadržavale jake koncentracije željeznih iona. Ritmičko taloženje uzrokovano je ili promjenom koncentracije željeznih iona ili usporavanjem rasta baritovih kristala.

Prah barita žutih pločastih kristala, koji je žućkaste boje, ižaren je kod 900°C. Ižareni prah dobio je tamniji žućkasti ton. Da je boja uzrokovana koloidno izlučenim sumporom, taj bi žarenjem izgorio, i barit bi morao pobijeljeti.

Po metodi *G. Lungea* (Lit. 16, 293) pokušali smo odrediti eventualno prisutni sulfidni sumpor u baritu. Konstatirali smo, da je nemoguće odrediti vrlo male količine sulfidnog sumpora u baritu, jer se pokazalo, da je barit vidljivo topljiv u dimljivoj HNO_3. Načinjen je niz pokusa digeriranja s 10 cm³ dimljive HNO_3 uzoraka barita iz svake zone dobrevske druze, nadalje barita iz rudnika Ričice (Lika) i umjetnog barita. Topivost tih barita kretala se između 0,57%—0,77% $BaSO_4$. Postotak je bio veći (0,74—1,06%), ako se digeriranje izvršilo većom količinom (15—20 cm³) HNO_3. Od odredivanja sulfidnoga sumpora raščinjavanjem barita sa Na_2O_2 odustao sam, jer tu metodu *Kolthoff* i *Sandell* (Lit. 18, 310) ne smatraju dovoljno točnom.

Međutim pri digeriranju dimljivom HNO_3 uzorka barita iz žutih pločastih kristala zapažena je vrlo važna činjenica. Smrvljeni prah toga barita digeriran kroz 24ʰ ostaje žućkast. Kad bi kolorens bio neki fino razdijeljeni sulfid, morao bi se tim digeriranjem oksidirati u sulfat i baritni bi prah morao pobijeljeti.

Prema tome naša su ispitivanja nesumnjivo pokazala, da je željezni hidroksid uzročnik poput meda žute boje pločastih kristala dobrevske druze barita.

Mliječnobijelu boju jedre jezgre druze i snježnobijelu boju obruba pločastih kristala uzrokuju fino razdijeljeni uklopci tekućina i plinova u obliku vakuola, koje su, kako je ranije napomenuto, konstatirane na preparatima barita u polarizacijskom mikroskopu. To tumačenje zastupa i *C. Hintze* (Lit. 5, 3801).

Izvršene su i kvalitativne spektrografske analize sva tri uzorka barita: mliječnobijelog barita jezgre druze (barit I), žute zone pločastih kristala (barit II) i snježnobijelog obruba pločastih kristala (barit III). Ispitivanja su izvršena pomoću spektrografa tvrtke A. Hilger (London), koji ima optiku od kremena. Spektralne linije su identificirane na specijalnom mikroskopu (komparatoru) firme Huet (Pariz).[3]

Za identificiranje linija služili smo se djelima: *C. Brodea* (Lit. 22), *F. Löwea* (Lit. 23) i *Kayser–Ritschla* (Lit. 24).

Snimljeno je 6 spektara barita, i to od svakog uzorka barita po 2 spektra, jedan sa 10 mg supstancije i drugi sa 20 mg supstancije. Za vrijeme snimanja bila je napetost struje 110 V, a jakost struje 7 A. Međusobna udaljenost elektroda od spektralno čistog ugljena iznosila je 5 mm. Hartmanova dijafragma imala je visinu $h = 3$ mm, a širinu $p = 0,01$ mm. Vrijeme snimanja iznosilo je jednu minutu. Uz iste uvjete snimanja, ali s trajanjem snimanja od 4 minute snimljen je za komparaciju spektar čistog aluminija; uz trajanje snimanja od 30 sekundi snimljen je spektar ugljenih elektroda. Snimanje je izvršeno na kvalitativnoj ploči Spectroguil-Rapid (senzibiliziranoj sa ZnO i TiO_2).

Spektralna analiza izvršena je na ove elemente:

Ba, Sr, Ca, Al, Fe, Si, Mg, Mn, B, Pb, Cu, Na, K, Bi, V, Ni, In, Tl, Ag i Zn.

Identificirane su linije ovih elemenata:

u baritu I, baritu II i baritu III:	Ba, Sr, Ca, Al, Fe, Si, Mg, Mn, Pb, Cu, Ag.
samo u baritu III. . . . . :	B, Na, K (?).
kao nepouzdane linije . . . . :	V
nisu nađene linije . . . . :	Bi, Ni, In, Tl, Zn.

[3] Analize i identifikacija spektralnih linija izvršene su u fizikalnom zavodu Prirodoslovno-matematskog fakulteta u Zagrebu. Zahvaljujem prof. dr. ing. M. Paiću, što mi je dopustio rad na aparatima, a ing. Z. Šternbergu na savjetima pri radu.

Kod elemenata Ba, Sr, Ca, Al, Fe, Si konstatirane su brojne linije i određene njihove valne dužine, i zbog toga ih ne ćemo posebno navoditi. U tabeli br. III navedene su identificirane spektralne linije ostalih dokazanih elemenata.

Tabela III

Elemenat	Identificirane spektralne linije
Mg	2795,5 Å, 2802,7 Å, 2852,1 Å i 3050,8 Å
Mn	2576,1 Å, 4030,76 Å, 4033,1 Å i 4034,5 Å
Pb	2614,2 Å, 2823,2 Å, 2833,1 Å
Cu	2824,4 Å, 3247,5 Å, 3274,0 Å
Ag	3280,7 Å
B	2497,0 Å, 2498,0 Å
Na	3302,32 Å, 3302,99 Å, 5890,0 Å
K(?)	4044,2 Å, 4047,2 Å
V(?)	3183,4 Å, 3184,0 Å, 3185,4 Å, vrlo slabe i difuzne linije.

Od polukvantitativnih zapažanja na spektrima svih triju uzoraka navest ćemo ovdje ove pojedinosti:

Linije Cu jače su u spektrima barita I i II od linija u baritu III, gdje su slabe. Linija Pb od 2833,1 Å najjača je u spektru barita I, slabija u spektru barita III, a jedva vidljiva u spektru barita II (sva tri spektra su sa 20 mg supstancije). Ta se linija u spektrima sa 10 mg supstancije vidi samo u spektru barita I, ali je i tu jača nego ta ista linija u spektru barita II od 20 mg supstancije. Linija Pb 2614,2 Å jasna je u spektrima barita I i III uz napomenu, da je nešto jača kod spektra barita I, dok se u spektru barita II jedva nazire. Linije Mg najjače su u spektru barita III (vjerojatno je sadržaj Mg oko 0,05%), vidljivo slabije u spektru barita I, još slabije u spektru barita II. Linije B vrlo su jake u spektru barita III, jedva vidljive u spektrima barita I i II, u kojima mogu potjecati i od nečistoća ugljene elektrode. Linije Mn najjače su u spektru barita III, dosta slabije u spektru barita I, a jedva se naziru u spektru barita II. Linije Na su vrlo slabe u spektru barita III (20 mg supstancije), dok se u ostalim spektrima uopće ne javljaju. Linija K jedva se nazire u spektru barita III (20 mg supstancije). Linija Ag zapaža se vrlo slabo u spektru barita III (20 mg supstancije).

Diskusijom navedenih eksperimentalnih podataka i njihovom komparacijom s poznatim podacima za barit u već citiranim djelima i u djelima *G. Berga* (Lit. 25, 143–154 i 321), *W. Lindgrena* (Lit. 26, 71–72), *W. H. Emmonsa* (Lit. 27, 68–75 i 507–508), *H. Schneiderhöhna* (Lit. 28, 719–727), zatim *F. Angela* i *R. Scharizera* (Lit. 29, 166–167), *K. N. Ozerova* (Lit. 30, 316–318), *E. Raguina* (Lit. 31, 314–320) i *W.* i *W. E. Petraschecka* (Lit. 32, 196) mogli smo o genezi barita kristalne druze iz Dobreva postaviti ove zaključke:

U žici br. I dobrevskog rudišta barit se javlja samo u višim horizontima između 740 i 690 m, na horizontu 640 m je već vrlo rijedak, a na horizontu 560 m dokazan je tek u mikroskopskim količinama (podatak A. Cissarza). Barit se nalazi u središnjim dijelovima žice kao zadnji mineral u dobrevskoj paragenezi, iz t. zv. »druzne faze«, ispunjujući šupljine rudne žice kao jedri barit ili u formi lijepo razvijenih druza. Njegova kristalizacija pada u prijelaz iz mezotermalne u epitermalnu fazu i dalje u epitermalnu fazu. Koncentracija iona u termama bila je malena, pa su one izgubile karakter pravih polimetalnih terma.

Glavna masa dobrevskog barita iskristalizirala se kao jedri barit s najvećim sadržajem $SrSO_4$ u vrlo uskom temperaturnom intervalu. Kristalizacija tog barita vremenski je odijeljena od više temperaturne faze kristalizacije glavne mase galenita, sfalerita i siderita u žici br. I. Početak kristalizacije barita naznačen je vrlo malim količinama iskristaliziranog kremena kao podloge barita. U toj fazi kristalizacije barita bile su najveće koncentracije iona barija u termama i kristalizacija se vršila dosta brzo. Transport barija vršio se najvećim dijelom u formi klorida, a manje u formi hidrosulfida. U razmaku vremena između završene kristalizacije glavne mase sulfida i početka kristalizacije barita došlo je u gornjim dijelovima rudne žice do oksidacije S^{2-} i SH^- iona u SO_4^{2-} ione, i u dodiru tih jačih koncentracija SO_4^{2-} iona i iona barija postaje $BaSO_4$. Proces stvaranja SO_4^{2-} iona bio je jači bliže površini, pa time tumačimo veće količine barita u višim horizontima žice br. I i naglo opadanje količine prema dubljim horizontima. Zbog suviška SO_4^{2-} iona terme su imale vidljiv aciditet, a kod kristalizacije barita došlo je zbog toga do znatne okluzije rešetkinih aniona, potiskivanja hidrolize trovalentnih željeznih soli i do okluzije stranih kationa. Među okludiranim kationima ističu se kationi teških metala Pb^{2+} i Cu^{2+} kao zadnji ostaci kationa iz terma glavne faze kristalizacije dobrevske parageneze. Brojne pojave izolovanih vakuola ispunjenih nekim elektrolitom, a koje su konstatirane mikroskopski, ukazuju na brzu kristalizaciju. Njihova pojava ili t. zv. »nutarnja adsorpcija« proporcionalna je s brzinom rasta kristala barita. Veće količine tih vakuola uzrokuju mliječnobijelu boju tog barita. U jedrom baritu iz Dobreva preteže mliječnobijeli barit, ali imade i partija poluprovidnog, a i providnog barita. Sve to ukazuje na naglu i od mjesta do mjesta promjenljivu kristalizaciju barita.

Kristalizacijom jedrog barita iscrpljuju se u termama glavne rezerve na ionima barija, čija koncentracija konstantno opada. Brzina se kristalizacije barita smanjuje, a i temperatura lagano opada, premda je još dosta visoka. Počinje faza kristalizacije pločastih kristala žutih poput meda, siromašnijih u $SrSO_4$ kao kontinuirani nastavak prethodnoj fazi. U toku te faze kristalizacije okluzija stranih kationa je sve manja, na kraju minimalna. Aciditet terma opada, dolazi do hidrolize željeznih soli i obaranja željeznog hidroksida, koji se okludira u baritu u submikroskopskim česticama i bojadiše ga poput meda žutom bojom.

Nakon stvaranja žutih poput meda kristala barita nastaje prekid u kristalizaciji. Na to ukazuje fini galenitni prah na plohama m(110) tih

kristala, a što je još važnije nagla promjena kristalografskih formi snježnobijelog obruba. Za vrijeme prekida kristalizacije daljom oksidacijom S^{2-} i SH^- iona stvara se nova količina SO_4^{2-} iona, kojih je ranije ponestalo, i prvo jače dovodenje barijevih iona s termama, koje su imale već znatno niže temperature uzrokuje brzu i kratkotrajnu kristalizaciju barita u formi snježnobijelog obruba. Te terme možemo u punom smislu riječi, s obzirom na njihov sastav, nazvati »zadnjim termama« ili »matičnim lugovima« pri kristalizaciji nekog rudišta. Te terme sadržavaju mnoge »nečistoće«; izmedu njih se ističu Mg^{2+}, Mn^{2+}, Na^+, Pb^{2+}, Ag^+, $B_4O_7^{2-}$ i t. d. Postotak SrO je vrlo nizak. Okluzija je jaka, što se očituje u pojavi novih aniona i kationa i brojnih izolovanih vakuola ispunjenih elektrolitom (prema spektrografskoj analizi vjerojatno sulfata i bisulfata magnezija i natrija, i borata). Jako sniženje temperature bilo je bitan faktor za promjenu kristalografskih formi.

Nakon završetka kristalizacije snježnobijelog obruba dolazi do razvitka kremena, koji kao nakupina vrlo sitnih kristalića prekriva manji dio druze. Uz kremen zapaža se ponegdje zrnce ili nakupina galenita i pirit, koji je većim dijelom oksidiran u limonit.

(Primljeno u sjednici Odjela za prirodne nauke od 11. III. 53.)

LITERATURA

1. *S. Pavlovitch*, Étude microscopique de quelques minérais métalliques de Yougoslavie. Bul. Soc. Franç. de Min., Tome 55, 1932.
2. *G. Bončev*, Kratovsko v geologično i rudarsko otnošenie. Trudove na blgarskoto prirodoizpit. družestvo. Knj. XVII. Sofia 1936.
3. *L. Marić*, Efuzivne stijene rudne oblasti izmedu Zletova i Kratova. Spomenica M. Kišpatića, Izdanje Jug. akademije, Zagreb, 1953.
4. *Lj. Barić*, Barit iz rudnika Trepče. Glasnik prirodnjačkog muzeja srpske zemlje. Serija A, knjiga 1, pag. 71—79. Beograd 1948.
5. *C. Hintze*, Handbuch d. Mineralogie, I. Bd., 3. Abt. 2. Hälfte, pag. 3782—3904. Berlin u. Leipzig 1930.
6. *H. Haas*, Über Baryt. Formen u. Accessorien. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie u. Paläontologie, Beilage-Band 67, Abt. A. 217—272 1933.
7. *F. Braun*, Morphologische, genetische u. paragenetische Trachtstudien an Baryt. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie u. Paläontologie, Abhandlungen 65. Beilage-Band, Abt. A. 173—222; 1932.
8. *W. Schilly*, Zusammenhänge zwischen Morphologie, Struktur u. Genesis bei Cölestin nebst einer vergleichenden Untersuchung dieser Beziehungen für die Barytgruppe.
Neues Jahrbuch. Abhandlungen 67. Beilage-Band. Abt. A. Pag. 323—400. 1933.
9. *W. Nikitin*, Die Fedorow-Methode, Berlin 1936.
10. *H. Rosenbusch*, Mikroskopische Physiographie d. Mineralien u. Gesteine. Band I.: Die petrographisch wichtigen Mineralien. Erste Hälfte: Untersuchungsmethoden. Fünfte, völlig umgestaltete Auflage von E. A. Wülfing. Stuttgart 1921—1924.
11. *D. J. McDougall*, Some factors influencing fluorescence in minerals. American Mineralogist, Vol. 37, 427—438, 1952.
12. *C. Doelter–H. Leitmeier*, Handbuch der Mineralchemie, Band IV., 2. Teil Dresden u. Liepzig 1929.

13. *Ch. Palache–H. Berman–C. Frondel*, Dana's System of Mineralogy, Volume II. Seventh ed., New York–London 1951.
14. *W. W. Scott*, Standard Methods of Chemical Analysis, Vol. I et II. Fourth ed. (second printing), New York 1927.
15. *V. van Tongeren*, Gravimetric Analysis, Amsterdam 1937.
16. *H. Biltz–W. Biltz*, Ausführung quantitativer Analysen, II. Auflage, Leipzig 1937.
17. *F. P. Treadwell*, Lehrbuch d. analytischen Chemie, II. Bd. XI. Auflage. Wien 1939.
18. *I. M. Kolthoff–E. B. Sandell*, Anorganska kvantitativna analiza, Zagreb 1951.
19. *J. Jakob*, Chemische Analyse d. Gesteine u. silikatischen Mineralien, Basel 1952.
20. *A. W. Groves*, Silicate Analysis, London 1937.
21. *R. Fresenius–G. Jander*, Handbuch der analytischen Chemie, III[er] Teil: Quantitative Bestimmungs-u. Trennungsmethoden. Band IIa. Elemente der zweiten Hauptgruppe. Berlin 1940.
22. *W. C. Brode*, Chemical Spectroscopy, 2. edition. New York 1946.
23. *F. Löwe*, Atlas der Analysen-Linien der wichtigsten Elemente. 2. Auflage. Dresden u. Leipzig 1936.
24. *H. Kayser–R. Ritschl*, Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente. 2. Auflage. Berlin 1939.
25. *G. Berg*, Vorkommen und Geochemie der mineralischen Rohstoffe. Leipzig 1929.
26. *W. Lindgren*, Mineral deposits. Fourth ed., New York–London 1933.
27. *W. H. Emmons*, The Principles of Economic Geology. II. ed., New York–London 1940.
28. *H. Schneiderhöhn*, Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. I. Band. Jena 1941.
29. *F. Angel–R. Scharizer*, Grundriss der Mineralparagenese. Wien 1932.
30. *P. M. Tatarinov–A. G. Betehtin i ostali*, Kurs mestoroždenii poleznih iskopaemih. Vtoroe izd., Moskva–Leningrad 1946.
31. *E. Raguin*, Géologie des gîtes minéraux. Deuxième édition. Paris 1949.
32. *W. Petrascheck–W. E. Petrascheck*, Lagerstättenlehre. Wien 1950.
33. *A. Cissarz:* usmeno saopćenje.

ZUSAMMENFASSUNG

BARYT AUS DER GRUBE DOBREVO BEI ZLETOVO

In den oberen Teilen des Erzganges No. 1 der Erzgrube Dobrevo wurden schön entwickelte Drusen eines zonar gebauten Baryts gefunden. Der milchweisse dichte Baryt im Kern der Drusen ist von tafeligen honiggelben Barytkristallen mit weisser Umrandung umhüllt.

An den Kristallen ermittelte ich folgende Formen:

c (001), m (110), p (116), v (115), z (111), l (104), d (102). Die beste Entwicklung weisen c (001) und m (110) auf, die den Kristallen die tafelige Tracht verleihen. Die Kristalle führen ziemlich häufig Einschlüsse von Galenit und Pyrit, und Vakuolen, die mit Gasen und Flüssigkeiten ausgefüllt sind. Am reinsten ist der gelbgefärbte Teil der tafeligen Kristalle.

Die Elemente der optischen Indikatrix und die optischen Konstanten sind in der gelben Zone und in der weissen Umrandung dieselben.

Im ultravioletten Licht (Wellenlänge 2800–4000 Å) ist die Fluoreszenz nur an der weissen Umrandung in Gestalt ziemlich lose verteilter lichter Punkte und Fleckchen zu beobachten. Im Röntgenlicht ist eine helle rosafarbige Fluoreszenz im Kern, eine kaum warnehmbare Fluoreszenz in der honiggelben Zone, und eine schwache Fluoreszenz in der weissen Umrandung der tafeligen Kristalle zu beobachten.

Die Unterschiede im spezifischen Gewicht sind auf die verschiedene chemische Zusammensetzung und die Menge der Einschlüsse in den verschiedenfärbigen Teilen der Barytkristalle zurückzuführen.

Die Menge an $SrSO_4$ nimmt vom Drusenkern zum Kristallrand hin ständig ab. Fe_2O_3 ist vorwiegend im gelbgefärbten Teil der tafeligen Kristalle vorhanden.

Die Untersuchungen ergaben, dass die honiggelbe Farbe der tafeligen Kristalle von Eisenhydroxyden herrührt.

Qualitativ-spektrographisch wurde auch nachgewiesen, dass der koniggelbe Teil der Kristalle, abgesehen von Fe, den reinsten Teil darstellt. Im Drusenkern enthält der Baryt die Kationen Pb^{2+} und Cu^{2+} (als Rest der Kristallisation der Hauptmasse des Galenit) und in der weissen Umrandung Mg^{2+}, Na^{+}, Mn^{2+} etc., die auf eine Kristallisation bei niedriger Temperatur deuten.

Die Hauptmasse des Dobrevobaryts hat sich als dichter Baryt, mit verhältnissmässig grossem Gehalt an $SrSO_4$ und in einem engen Temperaturintervall nach der Hauptmasse des Galenit, Sphalerit und Siderit auskristallisiert. Barium wurde hauptsächlich als Chlorid verfrachtet, in geringerem Masse auch als Hydrosulphid. In den oberen Teilen des Erzganges kam es zur Oxydation von S^{2-} und SH^{-} Ionen in SO_4^{2-} Ionen, die mit den Bariumionen $BaSO_4$ ergaben. Darauf beruht das Vorhandensein grösserer Mengen von Baryt in den der Oberfläche näher liegenden Partien des Erzganges und Abnahme der Barytmengen in den tieferen Partien. Am Schlusse der Kristallisationsphase kam es, mit Abnahme der Azidität, zur Hydrolyse der Eisensalze und zum Niederschlag von Eisenhydroxyden, die von den tafeligen Barytkristallen eingeschlossen wurden. Dadurch erhielten die Kristalle ihre gelbe Farbe.

Nach einer Unterbrechung der Kristallisation bildete sich, aus kälteren Thermen, während einer kurzandauernden Kristallisation, die weisse Umrandung mit zahlreichen Vakuolen, die mit Gasen und mit Flüssigkeiten, besonders von Natrium u. Magnesium-Sulphaten sowie von Bisulphaten und Boraten ausgefüllt wurde.

Nach F. Braun (Lit. 7) gehören die Barytkristalle dem Silikattypus VI, P^{b}_{001} [010] an.

Stevan Karamata

OPŠTA KARAKTERISTIKA MELAFIRA OKOLINE VAREŠA (BOSNA)

U okolini Vareša u Bosni, tri kilometra severno od rudnika, nalaze se dva sočiva melafira, koja leže između krečnjaka srednjeg trijasa i verfenskih peščara. Ovu stenu je još 1893. i 1897. ispitivao i mikroskopski odredio Mijo Kišpatić (Lit. 1), a 1900. godine pominje je i F. Katzer (Lit. 2) u svome radu o vareškom rudištu. Međutim, naročito u vezi sa novijim shvatanjem geneze ležišta gvozdenih ruda u Varešu, detaljnije ispitivanje pomenutih melafira postalo je aktuelno i veoma značajno.

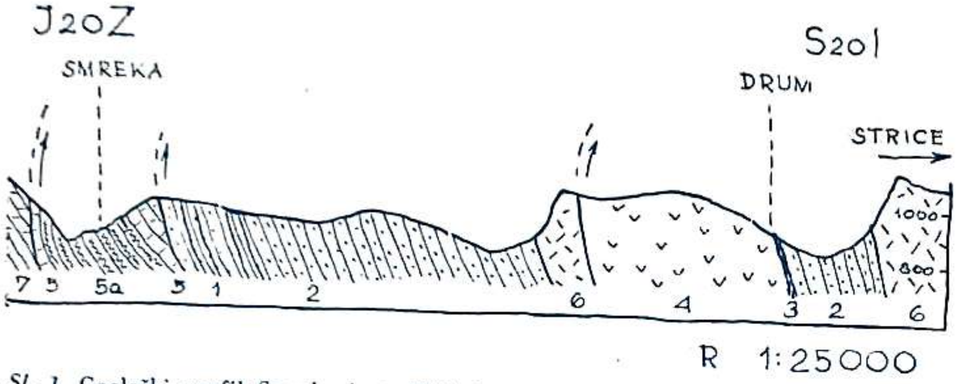
Opisujući te stene M. Kišpatić (Lit. 1, p. 178) navodi, da su ovi melafiri veoma rastrošeni. Boje su zelenkastosive i puni mandolastih šupljina, velikih 1—2 mm. Mandolice su uglavnom ispunjene kalcitom, ali je u površinskim delovima kalcit iz njih ispran. Pod mikroskopom se raspoznaje od primarnih sastojaka mnogo igličastih feldspata i mestimično malo žućkastosmeđeg stakla. Pojedine mandole imaju oblike, koji nas podsećaju na plagioklas, augit ili olivin, te Kišpatić pretpostavlja, da su pomenuti minerali tu bili porfirno izlučeni, ali da su kasnije rastrošeni i isprani.

F. Katzer navodi, da su pomenute stene »tamnosivi do crni, sitnozrni do gusti melafiri, često mandolaste teksture, ali vrlo retko porfirski razvijeni« (Lit. 2, p. 38). Katzer smatra, da je te melafire bez imalo sumnje doneo isti magmatizam, koji je doneo i dijabaze »dijabaz-rožnačke serije«.

Geološka građa ispitivanog terena. Osnovna tektonska karakteristika terena u okolini Vareša je izrazito kraljušasta struktura uz stalan strm pad prisutnih slojeva ka NNO, i zbog toga se sve formacije ovde prostiru u obliku širih ili užih izduženih zona, pravca pružanja WNW-OSO. Ove se zone obično brzo isklinjavaju.

Glavna dislokacijska linija, koja ovde oštro odvaja mlađe formacije od starijih, prostire se u pravcu WNW-OSO prolazeći kroz sam Vareš-Majdan. Severno od te linije nalaze se slojevi donjeg i srednjeg trijasa.

Oni su duž pomenute linije navučeni preko mladih, lijaskih naslaga, koje se nalaze južno od njih. Neposredno severno od navedene dislokacijske linije nalazi se rudonosna serija, u kojoj su nađeni fosili aniziskog kata srednjeg trijasa. U obliku jedne male kraljušti preko rudne serije leže peščari i škriljci donjeg trijasa i krečnjaci srednjeg trijasa. Ili iznad ovih krečnjaka ili iznad verfenskih slojeva leže melafirske ploče. Preko tih ploča istaloženi su slojevi verfena i krečnjaci srednjeg trijasa (vidi sliku br. 1).



Sl. 1. Geološki profil Smreka kota 1244. 1. -verfenski škriljci; 2. -verfenski peščari; 3. -rožnaci; 4. -melafir; 5. -slojeviti krečnjaci srednjeg trijasa; 5a. -rude gvožđa; 6. masivni srednjotrijaski krečnjaci; 7. lijaski slojevi.

Verfenski slojevi okoline Vareša razvijeni su u tipu karakterističnom za Bosnu. U donjim horizontima serije nalaze se svetlozelenkasti, liskunoviti i peskoviti škriljci, koji se smenjuju sa crvenkastosmeđim do ljubičastim, liskunovitim, sitnozrnim kvarcnim peščarima. Peščari su obično sasvim tankoslojeviti. U gornjem delu serije nalazimo crvene kvarcne liskunovite peščare sa interkalacijama belih kvarcnih peščara, rožnaca i crnih pločastih krečnjaka. U tim gornjim slojevima često se u Bosni nalaze i ploče melafira, što se zapaža i u okolini Vareša.

Beli kvarcni peščari mestimično prelaze u konglomeratične partije, kada se u njima jasno vide zrna sivog, ružičastog i belog kvarca. Zrna su vezana kvarcnim cementom. U sitnozrnim belim kvarcnim peščarima nalazimo mrlje limonita oko pravilnih heksaedarskih šupljina, u kojima je svakako prvobitno bio prisutan pirit, koji je kasnije podlegao oksidaciji. U predelu zapadno od Vareša verfenski su slojevi delom razvijeni u faciji brečastog krečnjaka. Osnova, odnosno vezivo ovoga krečnjaka je svetlozelena ili crvena, a odlomci su istih boja, te se oni od cementne osnove često razlikuju samo za nijansu u boji, ali su prema njoj uvek oštro ograničeni. Ovi su krečnjaci laporoviti, te zelenkasta boja verovatno potiče od glinovite, a crvena boja od limonitične komponente. Ka severu ovi krečnjaci prelaze u verfenske peščare.

Neposredno iznad melafira nalazimo ili slojeve svetlosivih do tamnosivih, zelenih i crvenih rožnaca, ili slojeve belih i crvenih verfenskih peščara.

Sedimenti srednjeg trijasa javljaju se u ovom predelu kao tri uske paralelne zone, izgrađene pretežno od krečnjaka. U najjužnijoj zoni srednji trijas je razvijen u faciji uslojenih krečnjaka i škriljaca, koji leže preko slojeva siderita i hematita. Srednja i severna zona su izgrađene od masivnih svetlosivih do beličastih krečnjaka. Jedino u samoj rudnoj seriji nađeni su fosili aniziskog kata, dok su krečnjaci obe severnije zone određeni kao srednjotrijaski na osnovu sedimentacijske veze sa verfenskim slojevima, kao i sličnosti sa drugim srednjotrijaskim krečnjacima u Bosni.

S obzirom na starost melafira naročito je interesantna srednja zona srednjotrijaskih krečnjaka, jer ona leži neposredno ispod melafira. Zona tih krečnjaka razdvojena je u dva dela: jedan deo leži zapadno od Vareša, gde je duž kontakta prema melafiru pokriven, a drugi deo je otvoren u dolini potoka Stavnje. Ovaj drugi, manji deo, predstavlja do sto metara široku i do jedan kilometar dugu masu sivih masivnih krečnjaka. Duž južnog oboda ovih krečnjaka nalaze se verfenski peščari, koji padaju pod te krečnjake. Duž severnog oboda ove krečnjačke mase otvoren je melafir, koji leži preko nje. Ovi krečnjaci, kao otpornije stene od verfenskih peščara ili škriljaca, grade zapadno od Vareša strm greben, a istočno od Vareša ogoljeli su samo duž kontakta prema melafiru. Dok je krečnjak inače mikrokristalast i uglavnom kompaktan, neposredno ispod melafira postaje izdrobljen i već se makroskopski vidi, da je delom prekristalisao. Mikroskopski preparat (No. 44) ove stene, uzet istočno od Vareša neposredno ispod melafira, predstavlja čist mikrokristalast krečnjak, jako mermerisan. Prekristalizacija nije praćena dovođenjem novog materijala ni stvaranjem novih minerala. Karakteristično je, da se prekristalisani kalcit u jednom delu preparata javlja u obliku izduženih, paralelno postavljenih zrna, te stena u tom delu ima mikroškriljavu teksturu, a često i savijene pukotine cepljivosti i deformisana pojedina zrna. Pošto su pored ranije navedenog, masa krečnjaka duž severnog oboda, a isto tako i donji deo melafira, koji leži neposredno iznad krečnjaka, jako izdrobljeni, može se sa sigurnošću reći, da je prekristalizacija izazvana tektonskim pritiscima nastalim pri navlačenju melafira preko krečnjaka.

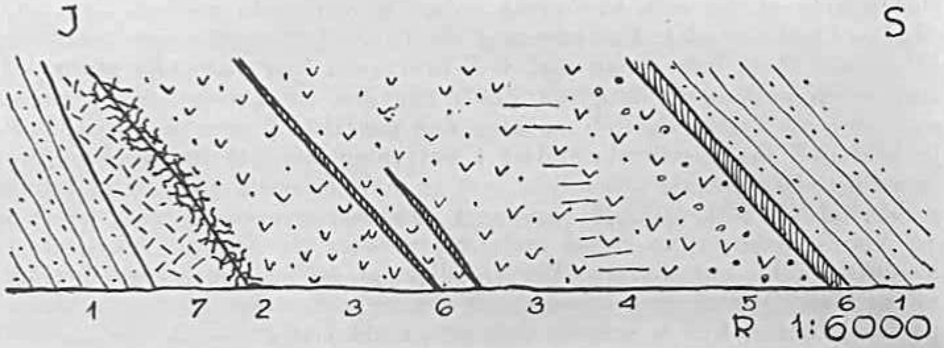
Kao što je već pomenuto, melafir se u ovom predelu javlja u obliku dve sočivaste mase. Pravac pružanja tih masa je WNW-OSO, a imaju isti pad kao i slojevi okolne stene, t. j. ka NNO pod uglom od oko 80°. Manja od ovih masa nalazi se oko sela Semizova Ponikva i jugoistočno od njega, t. j. jugozapadno od sela Vranjkovci, a druga, veća masa prostire se istočno i zapadno od Vareša. Položaj tih masa, kao i raspored pojedinih geoloških formacija dat je na priloženoj »geološkoj karti okoline Vareša«.

U oba sočiva melafiri su jako hloritisani, oksidisani i kalcinisani. Zbog toga je bila prilično otežana kako mikroskopska, tako i hemiska obrada sakupljenog materijala.

Opis melafirske mase kod Vareša. Ova je masa duga oko 3,5 a široka oko 0,5 km. Kod grada Vareša ona se sužava na 350 metara. Na samoj

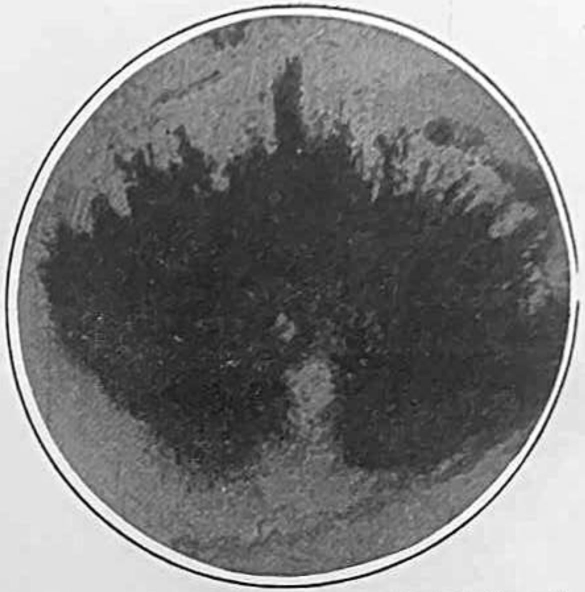
površini melafiri se javljaju u obliku jako izduženog sočiva s pravcem pružanja $W_{20}N-I_{20}J$. Sočivo počinje južno od kote 1286 na zapadu, a završava se zapadno od kote 1247 na istoku od Vareša. Kao što je već rečeno, cela ta masa ima skoro vertikalan pad prema severu. Preko melafira na severu leže slojevi rožnaca i verfenskih peščara, a na južnoj strani pod melafir padaju srednjotrijaski krečnjaci i verfenski slojevi.

U severnom delu ovog sočiva nalazimo tamnozelene i ljubičastomrke melafire sa krupnim, uglavnom kalcitskim mandolama. U srednjem delu sočiva zastupljeni su zeleni trošni melafiri. A u južnom delu melafirske mase nalaze se tamnozeleni, delom brečasti melafiri. Izrazito konkordantan položaj pojedinih varijeteta melafira naročito je jasan u useku pored druma Vareš—Lepavići—Ponikva, te ćemo se pri opisu pojedinih varijeteta osvrnuti na karakteristične odnose u tom profilu (vidi sliku 2).

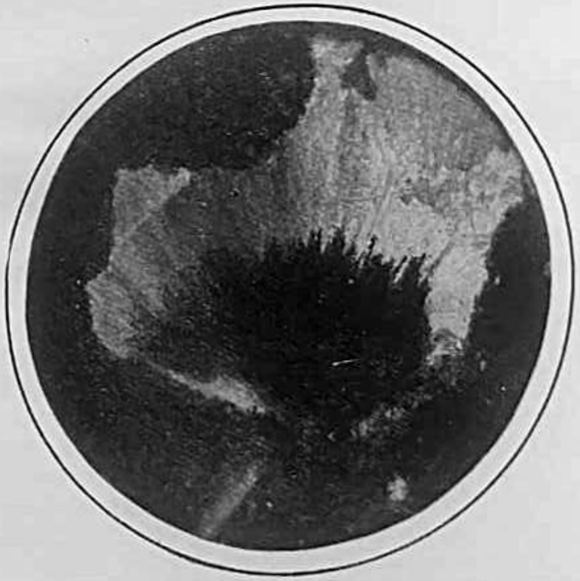


Sl. 2. Geološki profil u useku druma Vareš - Lepavići. 1 -verfenski peščari; 2 -zdrobljeni »brečasti« melafiri; 3 -masivni zeleni melafiri; 4 -zeleni trošni melafiri; 5 -smedeljubičasti mandolasti melafir; 6 -rožnaci; 7 -srednjo trijaski krečnjak u savernom delu izdrobljen.

Idući sa juga na sever duž prikazanog profila zapažamo, da neposredno na gornjem, zdrobljenom delu partije srednjotrijaskih krečnjaka leži zona šarenog melafira, koji mestimično podseća na breču, t. j. zelene odlomke melafira obuhvataju ljubičastosmeđe partije stene. Stena je očevidno prethodno jako zdrobljena, jer ljubičaste partije uvek prate nekadašnje prsline. Ljubičasti materijal šumi sa HCl, za razliku od zelenih delova (odlomaka). Svakako su pomenute prsline služile kao put površinskim vodama, koje su vršile intenzivniju oksidaciju i karbonatizaciju stene oko prslina. Kako je stena vrlo sitnozrna, u njoj se sastojci ne mogu ni lupom raspoznati. U mikroskopskom preparatu (No. 43) to je stena intersertalne do ofitske strukture. Fenokristali feldspata su sitni, izduženi često lamelarni, znatno kalcinisani i kaolinisani. Retko nalazimo i krupnije fenokristale feldspata, koji su jako rastrošeni. Najveće takvo zrno ima dimenzije $2{,}25 \times 0{,}9$ mm. Augiti su ređi i sitni, obično uklopljeni među zrna feldspata. U mnoge prsline unet je kalcit, dok je duž



Sl. 3. Potiskivanje kalcita (svetao) limonitom (taman) u mandoli. Nikoli||; povećanje 150 x. Preparat No 30.



Sl. 4. Potiskivanje kalcita (svetli sastojak) limonitom (crni sastojci) u mandoli. Oko mandole se vidi sitnozrna intersertalna struktura melafira. Nikoli +; povećanje 50 x. preparat No 30.

tektonski stvorenih prslina izvršeno opšte kalcinisanje i limonitisanje stene. Karakteristično je za ovu stenu i naglo smenjivanje sitnozrnih intersertalnih partija sa nešto krupnozrnijim ofitskim partijama. Dok su u ofitskim partijama feldspati dimenzija oko 0,5 × 0,1, u intersertalnim partijama su mnogo sitniji, te im se dimenzije kreću oko 0,2 × 0.02 mm. Idući ka severu »sitnobrečasta« zona melafira prelazi u sve grublje izdrobljene melafire. Dok su kod prethodno opisanog materijala odlomci bili veličine nekoliko cm, ovde su sad promera oko desetak cm. Pod mikroskopom (preparat No. 27) zapažamo sitnozrnu intersertalnu stenu sa uloženim retkim krupnim fenokristalima feldspata. Osnovna masa je sva hloritisana i kalcinisana. Mikroliti plagioklasa pokazuju u presecima upravnim na pljosan (010) maksimalno simetrično potamnjenje pod uglom od 27^0—32^0 te pripadaju prema tome plagioklasima sa 50—60% An.

Na tridesetak metara daleko od kontakta prema krečnjaku, prsline se u melafiru više ne primećuju, i stena sada prelazi u sitnozrni zeleni varijetet melafira. Ovakve mase pratimo na dužini od 250 metara. Ti su melafiri povezani prelazima sa prethodno opisanima, kao i daljim varijetetima. U njima nalazimo na nekoliko mesta 10—20 cm debele proslojke tamnosivih do tamnozelenih rožnaca, koji kao i melafirska masa padaju strmo ka N 20 O. U preparatu ovog melafira (No. 42) pod mikroskopom vidimo stenu ofitske strukture sa jako hloritisanim augitima i slabije raspadnutim feldspatima. Sastojci su nešto krupnozrniji nego u ranije pomenutim varijetetima. Od sekundarnih sastojaka karakterističan je hlorit, koji se javlja ili kao rasut ili kao radijano zrakaste nakupine u osnovi ili u mandolama. Ove mandole imaju katkad lepo očuvan kvadratičan ili pravougli oblik, koji podseća na konture piroksena. Osim hlorita nalazimo limonit, koji retko impregniše celu stenu, a naročito je koncentrisan duž oboda feldspata. Zrnca kalcita nalazimo zajedno sa hloritom u mandolama.

Preko ovih čvrstih, kompaktnih zelenih melafira leži oko 10 metara široka zona jako trošnih zelenih stena, sa izrazito kuglastim lučenjem. U jezgru tih izlučenih kugli nalazimo crvenosmeđe očuvane delove.

Dalje ka severu imamo zonu izgrađenu od zelenog dosta trošnog melafira, a zatim zonu crvenosmeđeg mandolastog melafira.

Zeleni trošni melafir je slabo kalcinisana stena, u kojoj se već lupom razlikuju zrna piroksena i izduženih feldspata. Pod mikroskopom vidimo, da je stena krupnozrne ofitske strukture, koja mestimično prelazi u gabroidnu. Od sastojaka nalazimo jako kalcinisana, krupna, izdužena zrna feldspata, manje ili više očuvana zrna augita i jako raspadnutu, hloritisanu i limonitisanu osnovu (preparat No. 19).

Smeđeljubičasti melafir je jako sitnozrna stena, sa mnogo sitnih do krupnih mandola (radijus do 1 cm) izgrađenih od kalcita, hlorita i mestimično od limonita. U površinskim delovima katkad je iz kalcitskih mandola ispran kalcit, te stena zadobija šljakastu teksturu. U mikroskopskom preparatu (No. 30) vidimo, da je stena sitnozrne intersertalne strukture sa vrlo sitnim izduženim feldspatima (dimenzije nekoliko izmerenih zrna ovih feldspata su sledeće: 0,12×0,02, 0,09×0,01, 0,08×0,01)

i ređe nešto krupnijim idiomorfnim fenokristalima feldspata (dimenzije ovih izmerenih zrna su 0,30 × 0,11, 0,27 × 0,14). Stena je mandolasta, jako kalcinisana i impregnisana limonitom. Na krupnijim fenokristalima feldspata izvršeno je merenje po Fedorovljevoj metodi, ma da je zbog nedovoljne svežine prisutnih zrna preciznost merenja mala. Rezultati merenja su dobijeni očitavanjem na dijagram Nikitina (Lit. 3). Merenja su dala ove rezultate:

U prvom zrnu prema slabo izraženoj cepljivosti dobijene su ove sferne koordinate

45^0 59^0 59^0 ⊥ (010) 88% an SW 1^0

Shvati li se ta cepljivost kao cepljivost po (110), tad bi za sastav zrna izlazilo 82% do 95% An, budući da se tačka za rešavanje nalazi baš u petlji krive ⊥ (110).

U drugom zrnu prema jednoj graničnoj pljosni su dobijeni ovi podaci:

88^0 81^0 11^0 ⊥ $(\bar{1}\bar{1}1)$ 91% An W $^1/_2{}^0$

Od sekundarnih sastojaka nalazimo hlorit, kalcit, kalcedon i limonit. Hlorit zapažamo u osnovnoj masi i u mandolama. Kalcit prožima celu stenu, ispunjava mnoge mandole, a u nekim mandolama sa hloritom i limonitom ispunjava samo obodne delove. Kalcedon se javlja u nekim mandolama sa hloritom, u kojima ispunjava ili obodni ili srednji deo. Limonit impregniše celu stenu i ispunjava sredinu nekih mandola sa kalcitom. Vrlo je karakteristično za ovu stenu izvesno metasomatsko potiskivanje kalcita limonitom, koje se jasno zapaža u pojedinim mandolama (vidi sl. 3 i 4). Limonit je verovatno ispran iz okolnih stena i prinet u vidu hidrosola. Objašnjenje ove pojave po P. M. Tatarinovu (Lit. 5, p. 47) je sledeće: »Migracija gvožđa u zoni cirkulacije podzemnih voda vrlo je značajna, a njegovo izlučivanje iz rastvora i koncentrisanje ovde u stenama može se posmatrati veoma često. Koncentrisanje hidroksida gvožđa u stenama kao peščari, glinci, glineni škriljci, kako pretpostavlja L. V. Pustovalov, dolazi kao posledica koagulirajućeg dejstva krečnjačkih čestica rasejanih u stenama. Takav proces ne dovodi do stvaranja industriskih koncentracija gvožđa. Ove češće nastaju kao rezultat metasomatskih procesa, kada dolazi do potiskivanja krečnjaka hidroksidom gvožđa. Takva zamena može se vršiti dejstvom novih koloidnih rastvora Fe-hidroksida, koji stalno pridolaze. Hidroksid gvožđa se pritome izlučuje u svim šupljinama krečnjaka i zamenjuje one delove krečnjaka, koji su prešli u rastvor«.

Duž severnog oboda sočiva mestimično nalazimo zelene, jako kalcinisane i rastrošene melafire. Očuvani, zaostali delovi stene u njima isti su kao i crvenosmeđi mandolasti melafiri. Očuvani delovi se pokazuju pod mikroskopom (preparat No. 61) kao stena sitnozrne intersertalne strukture sa veoma mnogo mandolica izgrađenih od hlorita, duž oboda često od kalcedona, ređe i od kalcita. Feldspati su veoma sitni i jako raspadnuti. Osnovna masa je jako hloritisana, kalcinisana i limonitisana. Zelene

rastrošene partije su pod mikroskopom istog sastava, samo su iz njih Fe-oksidi i hidroksidi isprani i zamenjeni kalcitom.

Iz napred izloženog proizilazi, da je kod južnih i severnih varijeteta kristalizacija i očvršćavanje rastopa teklo u tri faze. U prvoj fazi su kristalisali retki krupni fenokristali feldspata (po sastavu bitovniti). U drugoj fazi su kristalisali sitni pritkasti feldspati, svakako nešto kiseliji od fenokristala plagioklasa prve faze kristalizacije. Zbog nedovoljne svežine zrna nije se to moglo i dokazati. U južnom delu mase u drugoj fazi kristališu i pirokseni. U trećoj fazi očvrsla je osnovna masa. U srednjem delu melafirske mase nemamo međutim tako jasno ograničene tri faze kristalizacije. Ovde možemo razlikovati samo dve faze. U prvoj, intratelurnoj, kristališu feldspati, a iza njih pirokseni. U drugoj, ekstratelurnoj, fazi očvršćava osnovna masa. Izuzev izdrobljene zone u krajnjem južnom delu, u ovoj masi idući ka severu nalazimo sve više oksidisane, kalcinisane i rastrošene partije melafira.

Najsvežiji materijal, koji je odabran za hemisku analizu, nalazimo u zoni »krupnobrečastih« melafira, gde su odlomci mestimično, izuzev kalcinisanja, dosta očuvani. Opis materijala uzetog za analizu dat je kod prikazivanja primerka br. 27.

Kako se međutim u ovim melafirima nalazi znatna količina naknadno unetog kalcita u prslinama, pukotinama i mandolama, to je integracijskim stočićem određeno procentualno učešće kasnije unetog kalcita u šupljine stene. Ovaj procenat se kreće oko 10% u ljubičastim, oksidisanim partijama, duž većih prslina, a pada na oko 5% u zelenim, bolje očuvanim partijama.

Rezultati hemiske analize primerka br. 27 i preračun rezultata ove analize nakon oduzimanja 5% naknadno unetog kalcita, odnosno kalcita koji potiče verovatno iz okolnih krečnjaka, su ovi:

	I	II
SiO_2 . . .	47,70%	. . . 49.87%
TiO_2 . . .	0,70	. . . 0.75
Al_2O_3 . . .	14,52	. . . 15,18
Fe_2O_3 . . .	3,40	. . . 3,55
FeO . . .	4,34	. . . 4,54
MnO . . .	0,10	. . . 0,11
MgO . . .	5,87	. . . 6.13
CaO . . .	13,31	. . . 10,98
Na_2O . . .	3,42	. . . 3,57
K_3O . . .	1,11	. . . 1,16
P_2O_5 . . .	0,37	. . . 0,39
CO_2 . . .	3,05	. . . 0,89
H_2O+ . . .	2,33	. . . 2,42
H_2O- . . .	0,42	. . . 0,44
	100,64%	99,98%

I — rezultati hemiske analize stene

II — preračunati rezultati bez 5% $CaCO_3$, naknadno unetog u stenu.

Pri preračunu po CIPW metodi dobijamo rezultat: III. 5. 3. 4 (5).

Procentualno učešće minerala prema analizi je:

feldspata	63 %
piroksena	30 %
Fe-oksida	4,5%
kalcita	2,5%

Kao pirokseni u analizi se pokazuje pretežno hlorit.

Opis melafirske mase kod Vranjkovaca. Između sela Semizove Ponikve i Vranjkovaca imamo otkrivenu drugu manju masu melafira. Ova je masa otvorena na dužini od 1200 m i širini od 300 m. Otkrivena masa ima sočivast oblik i pružanje WNW-OSO, te je ustvari u produženju vareške melafirske mase, od koje je udaljena 250 m. I u ovoj masi nalazimo tri varijeteta melafira. U njenom južnom delu ima smeđecrvenu do tamnozelenu sitnozrnu stenu, koja podseća na južne varijetete melafira vareške mase.

U srednjem delu sočiva imamo tamnozelenu porfirsku stenu, u kojoj se već i golim okom raspoznaju zrna piroksena. Stena je slabo kalcinisana, i to pretežno duž prslina. U mikroskopskom preparatu (No. 9) zapažamo, da je to stena ofitske strukture sa hloritisanom osnovnom masom. Stena se sastoji od piroksena, feldspata i Fe-oksida kao primarnih, i od hlorita, kalcita i limonita kao sekundarnih sastojaka. Način pojavljivanja pojedinih sastojaka je ovaj:

Augiti – krupni sveži fenokristali, jasne cepljivosti, u prolaznom svetlu pod mikroskopom su bezbojni; među ukrštenim nikolima interferišu u bojama prvog do drugog reda. Merenja tih augita su dala ove rezultate:

1. $Ng : c = 43^0$, 3. $Ng : c = 38^0$, $2\,V = +\,53{,}5^0$
2. $Ng : c = 43^0$ 4. $Ng : c = 36^0$. $2\,V = +\,51^0$

Augiti su najkrupniji fenokristali, oni uvek uklapaju u sebe zrna plagioklasa. Dimenzije nekoliko najkrupnijih augita su ove: 2,88 × 2,70, 2,16 × 1,44, 1,98 × 1,73.

Feldspati – plagioklasi – kao sraslaci izduženih zrna, veoma su raspadnuti naročito u srednjim delovima. Nisu podesni za detaljnije mikroskopsko ispitivanje. Plagioklasi su manji nego pirokseni, i dimenzije su ove: 1,18 × 0,22, 0,72 × 0,36, 0,35 × 0,09 i sitniji.

Fe-hidroksidi dolaze kao produkt raspadanja drugih minerala, kada prožimaju osnovnu masu, ili kao pseudomorfoze po heksaedriskim kristalićima magnetita.

Hlorit delom prožima osnovnu masu, ali naročito lepe radijalno zrakaste agregate tog minerala nalazimo u mandolama. U mikroskopu je bledozelen i polihroničan, a među ukrštenim nikolima interferiše u sivoplavoj boji I reda. Potamnjuje paralelno izduženosti vlakana te je verovatno penin.

Kalcit se pokazuje kao naknadno unet sastojak u prsline stene kao i u srednje delove mandola.

Na osnovu odnosa među zrnima prisutnih sastojaka možemo i ovde razlikovati tri faze kristalizacije: u prvoj kristališu plagioklasi, u drugoj pirokseni, koji uklapaju plagioklase, a u trećoj fazi očvršćava osnovna masa.

Procentualni mineralni sastav stene je ovakav (određen integracionim stočićem):

plagioklasa	34 %
augita	23,5%
osnovne mase sa mikrolitima feldspata	39,5%
hloritskih mandola	3 %

Ukoliko bi se i u osnovnoj masi pretpostavio odnos plagioklasa i piroksena 3 : 2, kao i među fenokristalima, stena bi prema Johansenu imala formulu 2312 E.

U severnom delu mase nalazimo crvenomrke melafire sa jasnom mandolastom teksturom. Krupne mandole ove stene ispunjene su kalcitom i hloritom. Na taj način ova stena jako podseća na mandolaste melafire iz severnog dela vareške mase.

Na južnoj strani pod ove melafire padaju srednjotrijaski krečnjaci, ali je sama zona kontakta pokrivena, te se detaljna ispitivanja kontakta ne mogu vršiti. Na severu preko melafira leže sivi i zelenkasti rožnaci, a preko njih verfenski peščari i krečnjaci.

ZAKLJUČAK

Melafirske mase kod Vareša i Vranjkovaca sadržavaju više varijeteta melafira. Svi ti varijeteti imaju oblike ploča, koje zajedno sa interkalisanim slojevima rožnaca pokazuju isti pad i pružanje. Naročito je karakteristično, da takav pad i pružanje imaju i slojevi okolnih stena. Iz toga možemo zaključiti, da je izlivanje melafira izvršeno u više faza, koje su sledile jedna za drugom u manjim ili većim vremenskim intervalima. Taloženje rožnaca došlo je preko već izlivenih melafira, a preko ovih rožnaca kasnije su izlivene dalje melafirske mase.

U mineralni sastav ovih melafira ulaze bazični plagioklasi (bitovnit i labrador) i augiti. Iz količine mandola, koja raste idući ka severnom delu mase, može se zaključiti, da su kasnije izlivene mase melafirskih lava bile sve bogatije gasovima i vodenom parom. Ove su komponente izvršile intenzivnu hloritizaciju i kalcinaciju osnovne mase i feldspata.

Po sličnosti pojavljivanja i sastava melafira u obe otkrivene mase u okolini Vareša može se pretpostaviti, da se tu radi o istovrsnim tvorevinama. Moguće je, da čak oba sočiva pripadaju i istoj masi, koja je kasnijim tektonskim pokretima razdvojena.

Pošto je kontakt melafirske mase kod Vareša prema srednjotrijaskim krečnjacima izrazito tektonski, a položaj verfenskih slojeva preko melafira normalan, možemo sa sigurnošću reći, da je starost tih melafira do-

njotrijaska. Neposredan kontakt ove stene prema srednjotrijaskim krečnjacima nastao je očevidno pri kasnijim tektonskim pokretima. Tada su se melafiri ponašali kao kruta masa uložena u mnogo plastičnije peščare i škriljce. Pošto se pri bočnim potiscima melafirske mase nisu mogle ubirati, one su probile slojeve okolne stene i u obliku kraljušti nalegle preko njih.

Ma da bi ove stene inače mogle dati ekshalacije gvozdenih i siliciskih hlorida, ipak ih zbog razlike u starosti ne možemo uzeti kao neposredne donosioce gvožđa vareškog ležišta. Melafiri su naime u sredini verfenske serije, dok je rudna serija aniziske starosti.

(Primljeno u sjednici Odjela za prirodne nauke od 5. II. 53.)

LITERATURA

1. *Dr. M. Kišpatić,* Kristalinsko kamenje serpentinske zone u Bosni. Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umetnosti, knjiga CXXXVIII, p. 95—231. Zagreb 1897.
2. *Dr. F. Katzer,* Das Eisenerzgebiet von Vareš in Bosnien. Berg und Hüttenmönnisches Jahrbuch der Bergakademien. Band XLVIII, p. 1—94. Wien 1900.
3. *Nikitin W.,* Die Fedorow-Methode. Berlin 1936.
4. *N. H. Winchell,* Elements of optical mineralogy. Part II, Descriptions of minerals. Fourth edition, New York 1951.
5. *А. Г. Бетехтин и ко-аутори,* Курс месторождений полезных ископаемых. II издание. Москва–Ленинград 1946.
6. *V. V. Nikitin,* Teoretska petrografija. Zagreb 1946.
7. *В. И. Лучицкий,* Петрография. I Том. Москва–Ленинград 1947.
8. *A. Johannsen,* A descriptive petrography of the igneous rocks. Volume I Introduction, textures, classifications and glossary. Chicago 1939 .

ZUSAMMENFASSUNG

ALLGEMEINE CHARAKTERISTIK DER MELAPHYRE IN DER UMGEBUNG VON VAREŠ (BOSNIEN)

In der Umgebung von Vareš sind zwei linsenförmige Melaphyrmassen aufgeschlossen, eine bei Vareš, die andere bei Vranjkovci, 2 km westlicher. Beide Massen bestehen aus mehreren Varietäten. Sämtliche Vareitäten bilden plattenförmige Körper und weisen das gleiche Fallen und Streichen auf, wie die zwischengelagerten Hornsteinschichten. Charakterischerweise ist auch bei den umgebenden Sedimenten dasselbe Fallen und Streichen zu beobachten. Daraus kann gefolgert werden, dass die Melaphyrausgüsse in mehreren Phasen, nach kleineren oder grösseren Zeitintervallen, nacheinander erfolgt sind. Der Absatz der Hornsteine erfolgte über bereits ergossenen Melaphyrdecken, und über Hornsteinen erfolgten weitere Melaphyrergüsse.

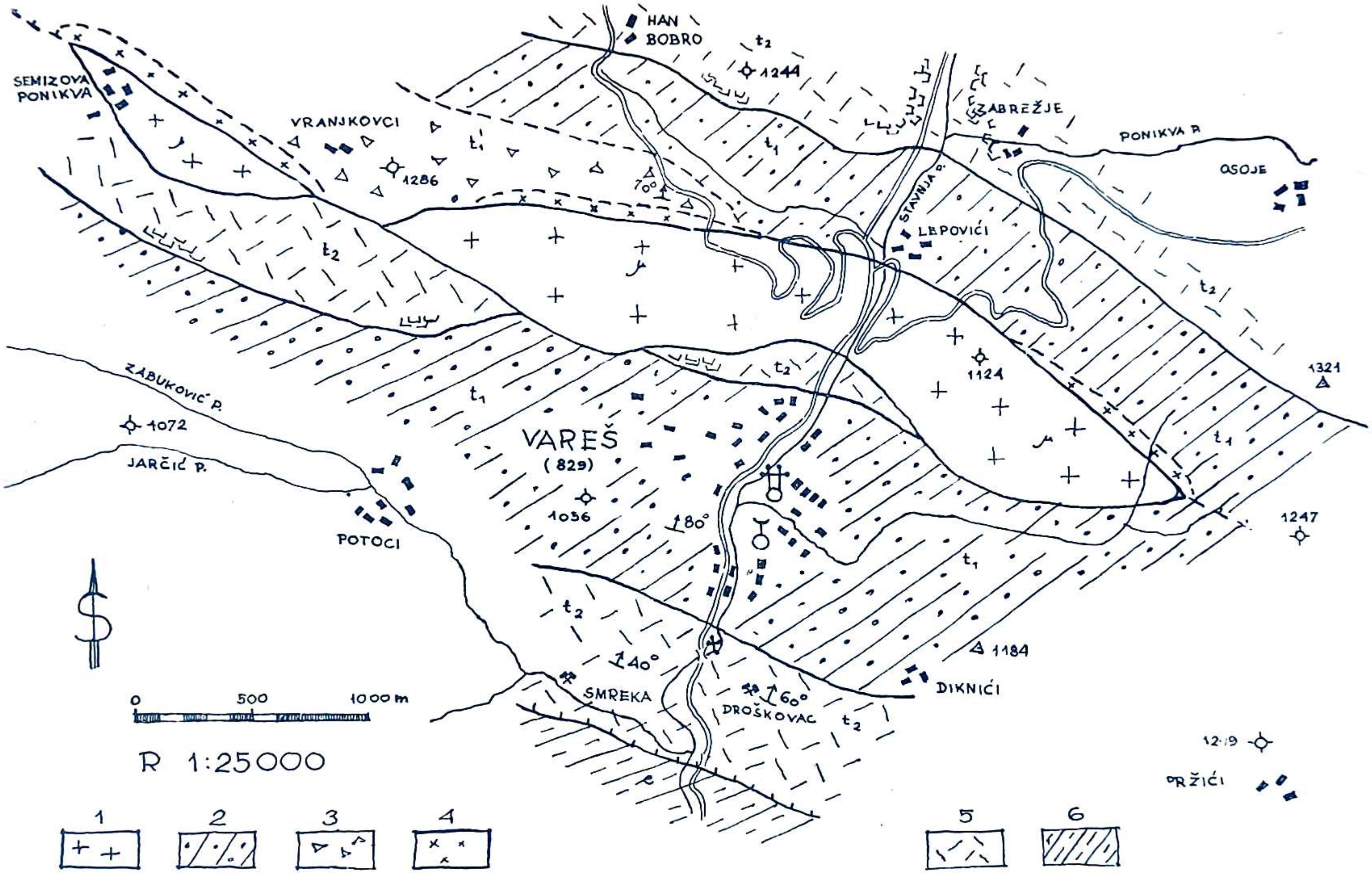
Mineralogisch sind die Melaphyre aus basischen Plagioklasen (Bytownit und Labrador) und Augiten aufgebaut. Aus der Menge Mandeln, die in den nördlichen Teilen beider Massen zunehmen, ergibt sich, dass die später ergossenen Massen melaphyrischer Laven immer reicher an Gasen und Wasserdampf wurden. Diese Komponenten verursachten eine intensive Chloritisierung und Karbonatisierung der Grundmasse und der Feldspate.

Auf Grund der analogen Erscheinungsart und Zusammensetzung der Melaphyre in den beiden bei Vareš und Vranjkovci aufgeschlossenen Massen kann geschlossen werden, dass es sich um dieselben Bildungen handelt. Möglicherweise hingen beide Massen ursprünglich zusammen und wurden erst durch spätere tektonische Bewegungen getrennt.

Da der Kontakt der Melaphyrmasse bei Vareš gegen mitteltriadische Kalke ausgesprochen tektonisch ist und da die Werfener Schichten über den Melaphyr vollkommen normal liegen, so ist das Alter dieser Melaphyre bestimmt untertriadisch. Der direkte Kontakt der Melaphyre gegen mitteltriadische Kalke muss bei späteren tektonischen Vorgängen entstanden sein. Die Melaphyre bildeten eine starre Masse, die in viel plastischere Sandsteine und Schiefer eingelagert war. Da sich die Melaphyrmassen durch seitlichen Druck nicht falten liessen, durchbrachen sie bei der Faltung des Gebietes die Schichten der umliegenden Gesteine, und legten sich in Form einer Schuppe darüber.

Wenn auch diese Melaphyre Exhalationen von Eisen-und Silicium-Chloriden abgegeben haben könnten, dürfen sie doch nicht, wegen des Altersunterschiedes, als unmittelbare Erzbringer der Vare[š]er Eisenerzvorkommen betrachtet werden. Die Melaphyre gehören in die Mitte der Werfener Serie, das Erz ist jedoch anisischen Alters.

GEOLOŠKA KARTA OKOLINE VAREŠA



Tumačenje za oznake na »Geološkoj karti okoline Vareša«

1 Melafir
2 Verfenski slojevi peščari i škriljci
3 „ „ brečasti krečnjak
4 „ „ rožnaci
5 srednji trijas
6 Lijas

SADRŽAJ

Akad. FRAN TUĆAN

Uvodna riječ 5

LUKA MARIĆ

Mišo Kišpatić u svjetlosti današnje petrografije i petrologije 9
Mišo Kišpatić in the light of contemporary petrology.
On the occasion of the 100-th anniversary of his birthday 34

Akad. FRAN TUĆAN

Nov prinos poznavanju kristalastih stijena Moslavačke gore 39
Ein neuer Beitrag zur Kenntnis der kristallinischen Gesteine der Moslavačka gora 70

LJUDEVIT BARIĆ

Ludlamit iz rudnika Stari Trg (Trepča) kod Kosovske Mitrovice 85
Ludlamit aus der Grube Stari Trg (Trepča) bei Kosovska Mitrovica . . . 111

MIROSLAV TAJDER

Petrografija rudnog područja Srebrenice u Bosni 119
Petrographie des Erzgebietes bei Srebrenica in Bosnien 164

VLADIMIR MAJER

Habazit i desmin iz Bora u Istočnoj Srbiji 175
Chabasite and stilbite from Bor (Yugoslavia) 191

LUKA MARIĆ

Efuzivne stijene u rudnoj oblasti između Zletova i Kratova 193
Die Effusivgesteine des Erzgebietes zwischen Zletovo und Kratovo 216

IVAN JURKOVIĆ

Barit iz rudnika Dobrevo kod Zletova 221
Baryt aus der Grube Dobrevo bei Zletovo 234

STEVAN KARAMATA

Opšta karakteristika melafira okoline Vareša (Bosna) 237
Allgemeine Charakteristik der Melaphyre in der Umgebung von Vareš (Bosnien) 247

Tehnička redakcija i grafička oprema
RADOSLAV N. HORVAT

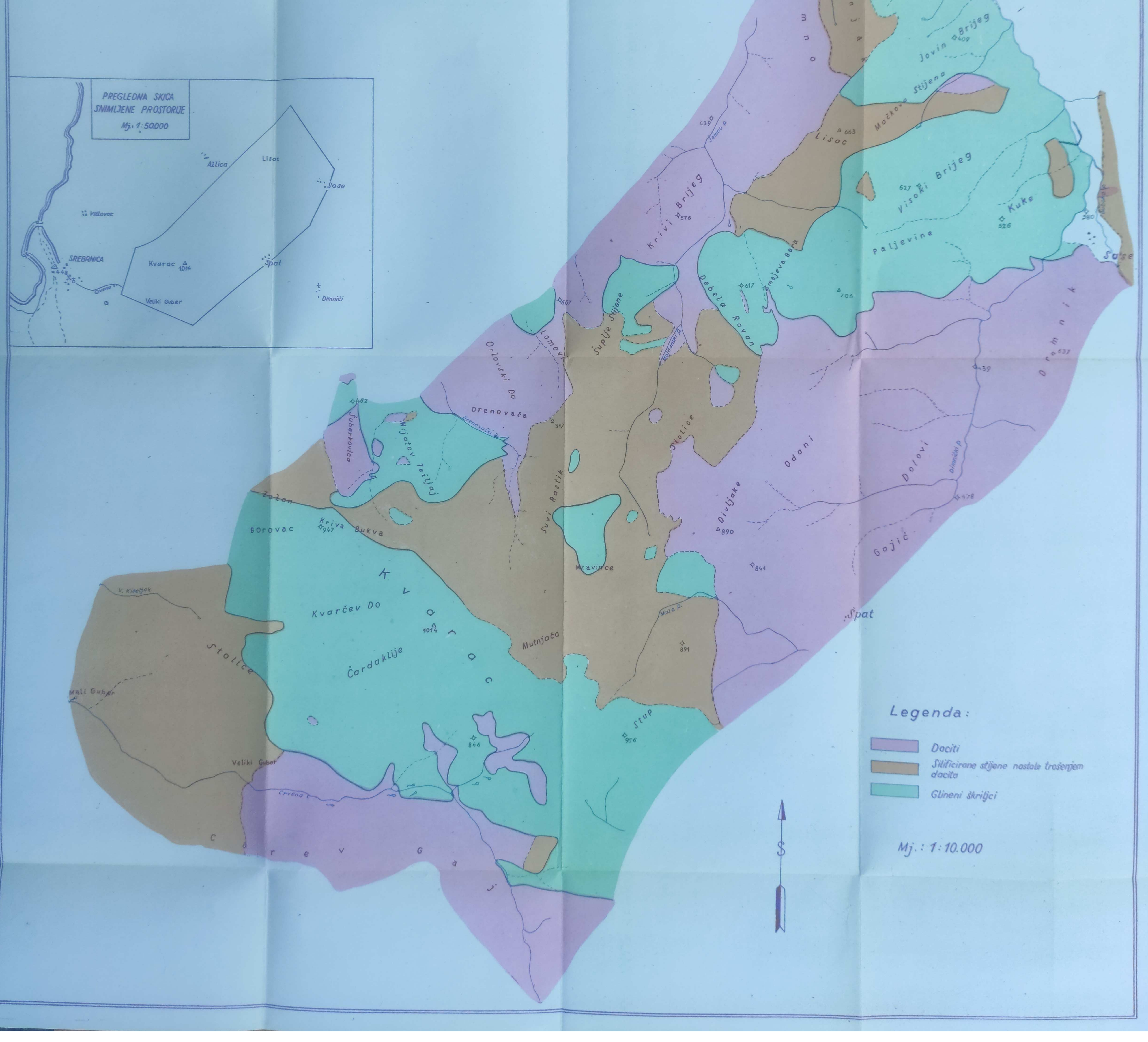
Korekturu izvršio
Prof. EDO MARUŠIĆ

Štampano u tiskari
Izdavačkog zavoda Jugoslavenske akademije

Strojni slog
S. ĐROLC, F. GRUBEŠIĆ, B. STROJIN i J. ŠMID

Prelom M. GLOGOVŠEK

Štampao VJ. ČEPIN

Uvezano u knjigovežnici
Izdavačkog zavoda Jugoslavenske akademije

Petrografska karta rudnog područja Srebrnice.